



Centro Regional de Gestão Integrada de Riscos e Desastres

Centro de Comando e Controle

MEMORIAL DE GERENCIAMENTO DE RISCO SPDA

Modelo A



A. OBJETIVO

Este documento técnico tem o objetivo de verificar os riscos inerentes a uma estrutura devido às descargas atmosféricas para a terra e compará-los a um limite superior tolerável, que irá subsidiar a escolha das medidas de proteção apropriadas a serem adotadas para reduzir o risco ao limite ou abaixo do limite tolerável, em conformidade com a norma ABNT NBR 5419:2015.

Informar, se necessário, a classe do SPDA, as medidas de proteção necessárias e os materiais que deverão ser empregados para compor tal proteção.



B. INFORMAÇÕES DAS ESTRUTURAS

Proprietário: CENTRO REGIONAL DE GESTÃO INTEGRADA DE RISCOS E DESASTRES DA DEFESA CIVIL.

Estrutura: Comercial.

A estrutura do **Centro de Comando e Controle** possui 30,3 x 24,3 x 8,13 m (L x W x H), em estrutura metálica.

Seguindo a decisão tomada pelo proprietário que uma avaliação econômica não é requerida, o risco R4 para perda econômica (L4) não será considerado.

Será adotado como densidade de descargas atmosféricas a variável (N_g), que é o número de raios para a terra por quilômetros quadrados por ano. Como o site recomendado pela NBR 5419:2015-2 não está disponível, foi utilizado o mapa disponibilizado pela NBR 5419:2015-2 na figura F.5 obtendo $N_g = 18\text{km}^2/\text{ano}$ para a região de referência.



C. NECESSIDADE DE IMPLANTAÇÃO DE UM SISTEMA DE PROTEÇÃO CONTRA DESCARGAS ATMOSFÉRICAS - SPDA

Para a determinação da necessidade de implantação do SPDA para as edificações e estruturas citadas no item 2, será utilizada a metodologia de gerenciamento de riscos definida na Norma Brasileira ABNT NBR 5419-2.



D. CÁLCULO DE RISCOS

1. RISCO R1

Composição das componentes de risco

Os componentes de risco a serem considerados para cada tipo de perda na estrutura são listados a seguir:

R_1 : Risco de perda de vida humana:

$$R_1 = R_{A1} + R_{B1} + R_{C1}^1 + R_{M1}^1 + R_{U1} + R_{V1} + R_{W1}^1 + R_{Z1}^1 \quad (\text{Eq.01})$$

¹: Somente para estruturas com risco de explosão e para hospitais com equipamentos elétricos para salvar vidas ou outras estruturas quando a falha dos sistemas internos imediatamente possa por em perigo a vida humana.

A perda de vida humana (L1) é relevante para este tipo de estrutura, portanto o risco $R_T = 10^{-5}$ (de acordo com a Tabela 03) deve ser considerado. A estrutura possui uma entrada de linha de energia elétrica em média tensão, instalada de forma subterrânea.

A estrutura foi dividida em 01 zona, conforme listado:

- Zona Z1 – Área interna;

Na tabela 04 relaciona-se à quantidade de pessoas estimadas em função da arquitetura apresentada que ocupam cada zona e o tempo de permanência por ano.

Distribuição das pessoas nas zonas		
Zona	Número de pessoas	Tempo de presença
Zona Z2 (área interna)	239	8760
Total	239	-

Tabela 1 - Distribuição de pessoas e seu respectivo tempo de permanência estimado por zona.

Na tabela 05 são relacionados às características ambientais globais da estrutura.



Características ambientais e globais da estrutura				
Parâmetros iniciais da estrutura	Observações	Símbolo	Valor	Referência
Cidade / Estado	-	-	Campo Limpo Paulista - SP	-
Densidade de descargas atmosféricas para a terra (1/km ² /ano)	Densidade de descargas atmosféricas	N _G	18	Figura F.5 NBR 5419-2
Dimensões da estrutura (m)	Largura, Comprimento e Altura	L x W x H	30,3 x 24,3 x 8,13	Projeto Arquitetônico
Fator de Localização da Estrutura	Estrutura cercada por objetos da mesma altura ou mais baixos	C _D	1	<u>Tabela A.1 (NBR 5419-2)</u>
SPDA	Estrutura não protegida	P _B	1	<u>Tabela B.2 (NBR 5419-2)</u>
Ligação equipotencial	Sem DPS	P _{EB}	1	<u>Tabela B.7 (NBR 5419-2)</u>
Blindagem espacial externa	Nenhuma - valor máximo	Ks1	1	Equação (B.5)(NBR 5419-2)

Tabela 2 -Características ambientais e globais da estrutura

Na tabela 06 são relacionados às características da linha de energia que adentram a estrutura.

Linha de Energia				
Parâmetros iniciais da estrutura	Observações	Símbolo	Valor	Referência



Comprimento (m)	Rede B.T	L_L	1000	Entrada de energia
Fator de Instalação	Aéreo	C_i	1	Tabela A.2 (NBR 5419-2)
Fator do tipo de linha	Linha de energia	C_T	0,2	Tabela A.3 (NBR 5419-2)
Fator ambiental	Suburbano	C_E	0,5	Tabela A.4 (NBR 5419-2)
Blindagem da linha (Ω/km)	Linha enterrada não blindada	R_S	1	Tabela B.8 (NBR 5419-2)
Blindagem, aterramento, isolamento	Linha enterrada não blindada	C_{LD}	1	Tabela B.4 (NBR 5419-2)
		C_{LI}	1	
Estrutura adjacente	Largura, Comprimento e Altura	$L_J \times W_J \times H_J$	-	Não aplicável
Fator de localização da estrutura adjacente	-	C_{DJ}	0	Tabela A.1 (NBR 5419-2)
Tensão suportável dos sistemas internos (kV)	-	U_W	2,5	-
Parâmetros resultantes		K_{S4}	0,4	Equação B.7(NBR 5419-2)
		P_{LD}	1	Tabela B.8 (NBR 5419-2)
		P_{LI}	0,3	Tabela B.9 (NBR 5419-2)

Tabela 06 – Características da linha de energia que adentra a estrutura.



Na tabela 07 são relacionados às características da linha de sinal que adentram a estrutura.

Linha de Sinal				
Parâmetros iniciais da estrutura	Observações	Símbolo	Valor	Referência
Comprimento (m)	Linha de Sinal	L_L	1000	Entrada de energia
Fator de Instalação	Aerea	C_I	1	Tabela A.2 (NBR 5419-2)
Fator do tipo de linha	Linha de sinal	C_T	1	Tabela A.3 (NBR 5419-2)
Fator ambiental	Suburbano	C_E	0,5	Tabela A.4 (NBR 5419-2)
Blindagem da linha (Ω/km)	Resistência da Blindagem	R_S	1	Tabela B.8 (NBR 5419-2)
Blindagem, aterramento, isolamento	Linha enterrada blindada	C_{LD}	0	Tabela B.4 (NBR 5419-2)
		C_{LI}	0	
Estrutura adjacente	Largura, Comprimento e Altura	$L_J \times W_J \times H_J$	-	não aplicável
Fator de localização da estrutura adjacente	-	C_{DJ}	0	Tabela A.1 (NBR 5419-2)
Tensão suportável dos sistemas internos (kV)	-	U_W	1,5	-



Parâmetros resultantes	K_{S4}	0,67	Equação (B.7)(NBR 5419-2)
	P_{LD}	1	Tabela B.8 (NBR 5419-2)
	P_{LI}	0,5	Tabela B.9 (NBR 5419-2)

Tabela 07 – Características da linha de sinal que adentra a estrutura.

Na tabela 08 são relacionados às áreas de exposição equivalentes da estrutura e das linhas.

Áreas de exposição equivalentes da estrutura e das linhas.				
Estrutura	Referência da Equação	Símbolo	Unidade	Valor
Edificação	Equação (A.2)(NBR 5419-2)	A_D	m ²	5,27E+03
	Equação (A.7)(NBR 5419-2)	A_M	m ²	8,40E+05
Linha de energia	Equação (A.9)(NBR 5419-2)	$A_{L/P}$	m ²	4,00E+04
	Equação (A.11)(NBR 5419-2)	$A_{I/P}$	m ²	4,00E+06
	Equação (A.2)(NBR 5419-2)	$A_{DJ/P}$	não se aplica	0,00E+00
Linha de sinal	Equação (A.9)(NBR 5419-2)	$A_{L/T}$	m ²	4,00E+04
	Equação (A.11)(NBR 5419-2)	$A_{I/T}$	m ²	4,00E+06
	Equação (A.2)(NBR 5419-2)	$A_{DJ/T}$	não se aplica	0,00E+00

Tabela 08 – Área de exposição equivalentes da estrutura e das linhas.

Na tabela 09 é relacionado o número de eventos esperados para a estrutura e para as linhas.

Número de Eventos Esperados				
Estrutura	Referência da Equação	Símbolo	Unidade	Valor



Edificação	Equação (A.4)(NBR 5419-2)	N_D	-	3,37E-02
	Equação (A.6)(NBR 5419-2)	N_M	-	5,38E+00
Linha de energia	Equação (A.8)(NBR 5419-2)	$N_{L/P}$	-	2,56E-02
	Equação (A.10)(NBR 5419-2)	$N_{I/P}$	-	2,56E+00
	Equação (A.5)(NBR 5419-2)	$N_{D/P}$	não se aplica	0,00E+00
Linha de sinal	Equação (A.8)(NBR 5419-2)	$N_{L/T}$	-	1,28E-01
	Equação (A.10)(NBR 5419-2)	$N_{I/T}$	-	1,28E+01
	Equação (A.5)(NBR 5419-2)	$N_{D/T}$	não se aplica	0,00E+00

Tabela 09 – Número de eventos esperados para estrutura e linhas.

Na tabela 10 são relacionados os fatores de ponderação que incidem em cada zona:

Fatores de ponderação					
Parâmetros iniciais da estrutura	Observações	Símbolo	Zona Z1 (área externa)	Zona Z2 (área interna)	Referência
Tipo de Piso	Agricultura/ Concreto	r_t	-	1,00E-03	Tabela C.3 (NBR 5419-2)
Proteção contra choque (descarga atmosférica na estrutura)	Nenhuma medida	P_{TA}	-	1	Tabela B.1 (NBR 5419-2)
Proteção contra choque (descarga atmosférica na linha)	Nenhuma medida	P_{TU}	-	1	Tabela B.6 (NBR 5419-2)
Risco de incêndio	Normal/ Normal	r_f	-	1,00E-02	Tabela C.5 (NBR 5419-2)



Proteção contra incêndio		Nenhuma	r_p	-	0,5	Tabela C.4 (NBR 5419-2)
Blindagem espacial interna		Nenhuma	K_{S2}	-	1	Equação (B.6)(NBR 5419-2)
Energia	Fiação interna	Cabo não blindado	K_{S3}	-	1	Tabela B.5 (NBR 5419-2)
	DPS coordenados	Sem DPS/ Sem DPS	P_{SPD}	-	1	Tabela B.3 (NBR 5419-2)
Telecom	Fiação interna	Cabo não blindado	K_{S3}	-	1	Tabela B.5 (NBR 5419-2)
	DPS coordenados	Nenhum	P_{SPD}	-	1	Tabela B.3 (NBR 5419-2)
L1: Perda de vida humana	Perigo Especial:	Baixo nível	h_z	-	5	Tabela C.6 (NBR 5419-2)
	D1: devido à tensão de toque e passo	Outros/ Outros	L_T	-	1,00E-02	Tabela C.2 (NBR 5419-2)
	D2: devido a danos físicos	Outros/ Industrial	L_F	-	1,00E-01	
	D3: devido a falhas de sistemas internos	não aplicável	L_o	-	0,00E+00	
Fator para pessoas em perigo		$n_z/nt \times tz/8760$	-	-	1,00E-01	Arquitetura

Tabela 10 – Fatores de ponderação incidentes em cada zona.



Na tabela 11 são relacionados os parâmetros relevantes para avaliação dos componentes de risco.

Parâmetros Relevantes para avaliação dos componentes de risco						
Símbolo	Equação	Referência	Zona 1		Zona 2	
			Energia	Sinal	Energia	Sinal
P_A	$P_A = P_{TA} \times P_B$	Equação (B.1) NBR 5419-2	-		1	
P_B	-	Tabela (B.2) NBR 5419-2	-		1,00E+00	
P_C	$P_C = P_{SPD} \times C_{LD}$	Equação (B.2) NBR 5419-2	-	-	1,00E+00	0,00E+00
P_M	$P_M = P_{SPD} \times P_{MS}$	Equação (B.3) NBR 5419-2	-		5,33E-01	
P_{MS}	$P_{MS} = (K_{s1} \times K_{s2} \times K_{s3} \times K_{s4})^2$	Equação (B.4) NBR 5419-2	-	-	1,60E-01	4,44E-01
P_U	$P_U = P_{TU} \times P_{EB} \times P_{LD} \times C_{LD}$	Equação (B.8) NBR 5419-2	-	-	1,00E+00	0,00E+00
P_V	$P_V = P_{EB} \times P_{LD} \times C_{LD}$	Equação (B.9) NBR 5419-2	-	-	1,00E+00	0,00E+00
P_W	$P_W = P_{SPD} \times P_{LD} \times C_{LD}$	Equação (B.10) NBR 5419-2	-	-	1,00E+00	0,00E+00
P_Z	$P_Z = P_{SPD} \times P_{LI} \times C_{LI}$	Equação (B.11) NBR 5419-2	-	-	3,00E-01	0,00E+00



$L_A = L_U$	$L_A = r_t \times L_T$ $\times ((n_z/n_t) \times (t_z/8760))$	Equação (C.1) NBR 5419-2	-	1,00E-06
$L_B = L_V$	$L_B = r_p \times r_f$ $\times h_z \times L_F \times ((n_z/n_t) \times (t_z/8760))$	Equação (C.3) NBR 5419-2	-	2,51E-04

Tabela 11 - Parâmetros relevantes para avaliação dos componentes de risco

Na tabela 12 é relacionado o risco R1 na estrutura sem contemplar nenhum tipo de proteção.

Risco R1 para estruturas não protegidas (Risco Tolerável RT = 1 x 10 ⁻⁵)						
Tipos de danos	Equação	Zona Z1 (área externa)		Zona Z2 (área interna)		Somatório
		Energia	Sinal	Energia	Sinal	
D1	R _A = N _D x P _A x L _A	-		3,39E-08		3,39E-08
Ferimentos devido a choque	R _U = (N _L +N _{DJ}) x P _U x L _U (sinal + energia)	-	-	2,57E-08	0,00E+00	2,57E-08
D2 Danos Físicos	R _B = N _D x P _B x L _B	-		8,46E-06		8,46E-06
	R _V = (N _L +N _{DJ}) x P _V x L _V (sinal + energia)	-	-	6,43E-06	0,00E+00	6,43E-06
TOTAL		-		1,495 E-5		1,495 E-5
Risco Tolerável		-		RT = 1,00E-05		R1 > RT
Devido ao risco R1 ser maior que RT, a adoção de medidas de proteção contra descargas atmosféricas é necessária.						

Tabela 12 – Risco R1 para a edificação sem nenhuma medida de proteção.

Considerando que o Risco R1 ficou superior ao valor de referência para riscos toleráveis, deverá ser implementada proteções necessárias visando minimizar o risco R1 para um valor inferior ao valor do risco tolerável. As medidas que serão implementadas serão descritas no tópico seguinte.



2. RISCO R2

Composição das componentes de risco

R_2 : Risco de perdas de serviço ao público

$$R_2 = R_{B2} + R_{C2} + R_{M2} + R_{V2} + R_{W2} + R_{Z2} \quad (\text{Eq.01})$$

Para o risco R2 teremos as seguintes formas para cada componente:

$$R_{B2} = N_D \times P_B \times L_B \quad (\text{Formula 01})$$

$$R_{C2} = N_D \times P_C \times L_C \quad (\text{Formula 02})$$

$$R_{M2} = N_M \times P_M \times L_M \quad (\text{Formula 03})$$

$$R_{V/P} = (N_{L/P} + N_{DJP}) \times P_{V/P} \times L_V \quad (\text{Formula 04})$$

$$R_{V/T} = (N_{L/T} + N_{DJ/T}) \times P_{V/T} \times L_V \quad (\text{Formula 05})$$

$$R_{V2} = R_{V/P} + R_{V/T} \quad (\text{Formula 06})$$

$$R_{W/P} = (N_{L/P} + N_{DJP}) \times P_{W/P} \times L_W \quad (\text{Formula 07})$$

$$R_{W/T} = (N_{L/T} + N_{DJ/T}) \times P_{W/T} \times L_W \quad (\text{Formula 08})$$

$$R_W = R_{W/P} + R_{W/T} \quad (\text{Formula 09})$$

$$R_{Z/P} = N_{I/P} \times P_{Z/P} \times L_Z \quad (\text{Formula 10})$$

$$R_{Z/T} = N_{I/T} \times P_{Z/T} \times L_Z \quad (\text{Formula 11})$$

$$R_Z = R_{Z/P} + R_{Z/T} \quad (\text{Formula 12})$$

Na tabela 13 são relacionados os fatores de ponderação relacionados a perda de serviço ao público:

Fatores de ponderação						
Parâmetros iniciais da estrutura		Observações	Símbolo	Zona Z1 (área externa)	Zona Z2 (área interna)	Referência
	D2: devido a danos físicos	Serviços Essenciais	L _{F2}	-	1,00E-01	Tab. C.8



L2: Perda em serviço ao público.	D3: devido a falhas de sistemas internos	Serviços Essenciais	L ₀₂	-	1,00E-02	
----------------------------------	--	---------------------	-----------------	---	----------	--

Tabela 13 – Fatores de ponderação incidentes relacionados a perda de serviço ao público.

Na tabela 14 são relacionados os parâmetros relevantes para avaliação dos componentes de risco relacionada a perda de serviço ao público.

Parâmetros Relevantes para avaliação dos componentes de risco						
Símbolo	Equação	Referência	Zona 1		Zona 2	
			Energia	Sinal	Energia	Sinal
L _{B2} = L _V	$L_{B2} = L_V = r_p \times r_f \times L_F \times n_z / n_t$	Equação (C.7) NBR 5419-2	-		5,02E-05	
L _C = L _M = L _W = L _Z	$L_{C2} = L_M = L_W = L_Z = L_{02} \times n_z / n_t$	Equação (C.8) NBR 5419-2	-		1,00E-03	

Tabela 14 - Parâmetros relevantes para avaliação dos componentes de risco



Na tabela 15 é relacionado o risco R2 na estrutura sem contemplar nenhum tipo de proteção.

Risco R2 para estruturas não protegidas (Risco Tolerável RT = 1 x 10 ⁻³)						
Tipos de danos	Equação	Zona Z1 (área externa)		Zona Z2 (área interna)		Somatório
		Energia	Sinal	Energia	Sinal	
D2 Danos Físicos	R _{B2} = N _D x P _B x L _B	-		1,69E-06		1,69E-06
	R _{V2} = (N _L +N _{DJ}) x P _V x L _V (sinal + energia)	-	-	1,29E-06	0	1,29E-06
D3 falhas de sistemas internos	R _{M2} = N _M x P _M x L _M	-		2,88E-03		2,88E-03
	R _{W2} = (N _L +N _{DJ}) x P _W x L _W (sinal + energia)	-	-	2,57E-05	0,00E+00	2,57E-05
	R _{Z2} = (N _L +N _{DJ}) x P _Z x L _Z (sinal + energia)	-	-	7,71E-04	0,00E+00	7,71E-04
TOTAL		-		3,679 E-3		3,679 E-3
Risco Tolerável		-		RT = 1,00E-03		R2 > RT
Devido ao risco R2 ser maior que RT, a adoção de medidas de proteção contra descargas atmosféricas é necessária.						

Tabela 15 – Risco R2 para a edificação sem nenhuma medida de proteção.

Considerando que o Risco R2 ficou superior ao valor de referência para riscos toleráveis, deverá ser implementada proteções necessárias visando minimizar o risco R2 para um valor inferior ao valor do risco tolerável. As medidas que serão implementadas serão descritas no tópico seguinte.



D1 Ferimentos devido a choque	$R_U = (N_L + N_{DJ}) \times P_U \times L_U$ (sinal + energia)	não se aplica	não se aplica	1,29E-09	0,00E+00	1,29E-09
D2 Danos Físicos	$R_B = N_D \times P_B \times L_B$	não se aplica		8,46E-07		8,46E-07
	$R_V = (N_L + N_{DJ}) \times P_V \times L_V$ (sinal + energia)	não se aplica	não se aplica	3,21E-07	0,00E+00	3,21E-07
TOTAL		-		0,117 E-5		0,117 E-5
Risco Tolerável		-		RT = 1,00E-05		R1 < RT
Com a adoção de DPS para NP III, Classe III, e o PDA nível III, foram minimizados os riscos da edificação R1 para abaixo do risco tolerável.						

Tabela 16 – Risco R1 para estrutura protegida.

4. RISCO R2

O risco R2 presente na estrutura é maior no que diz respeito aos danos físicos causados pela descarga atmosférica que atinge a estrutura ou as linhas conectadas.

Considerando a necessidade de reduzir tais componentes de risco, será necessária a adoção das seguintes medidas:

- Instalação na estrutura de um Sistema de Proteção contra Descarga Atmosférica – SPDA classe III, que implicará na redução da probabilidade PB, em conformidade com a ABNT 5419-2, para o valor de 0,1 (ABNT NBR 5419-2 Tabela B.2);
- Executar uma ligação equipotencial para descargas atmosféricas na entrada das linhas da estrutura, com a instalação de DPS projetados para NP III, em conformidade com a ABNT NBR 5419-2, que implicará na redução da probabilidade PEB para o valor de 0,05 (NBR 5419-2 Tabela B.7);
- Utilização de DPS interno e externo (coordenados) a edificação do tipo classe IV para NP III, que implicará na redução da probabilidade PSPD para o valor de 0,05 (NBR 5419-2 Tabela B.3);

Com a adoção de tais medidas, o Risco R2 presente na estrutura será reduzido para 0,202 E-3, que representa um valor inferior ao Risco Tolerável para R2 ($RT = 1 \times 10^{-3}$), conforme disposto na tabela 17.



Risco R2 para estruturas não protegidas (Risco Tolerável RT = 1 x 10 ⁻³)						
Tipos de danos	Equação	Zona Z1 (área externa)		Zona Z2 (área interna)		Somatório
		Energia	Sinal	Energia	Sinal	
D2 Danos Físicos	R _{B2} = N _D x P _B x L _B	-		1,69E-07		1,69E-07
	R _{V2} = (N _L + N _{DJ}) x P _V x L _V (sinal + energia)	-	-	6,43E-08	0	6,43E-08
D3 falhas de sistemas internos	R _{M2} = N _M x P _M x L _M	-		1,62E-04		1,62E-04
	R _{W2} = (N _L + N _{DJ}) x P _W x L _W (sinal + energia)	-	-	1,29E-06	0,00E+00	1,29E-06
	R _{Z2} = (N _L + N _{DJ}) x P _Z x L _Z (sinal + energia)	-	-	3,86E-05	0,00E+00	3,86E-05
TOTAL		-		0,202 E-3		0,202 E-3
Risco Tolerável		-		RT = 1,00E-03		R2 > RT
Com a adoção de DPS para NP III, Classe III, e o PDA nível III, foram minimizados os riscos da edificação R2 para abaixo do risco tolerável.						

Tabela 17 – Risco R2 para estrutura protegida.

Descrição do Sistema de Proteção da edificação

O SPDA Classe III a ser instalado na estrutura do **Centro de Comando e Controle** será desenvolvido utilizando o método das malhas e esfera rolante, conforme disposto na ABNT NBR 5419-3 no tópico 5.2.2 alínea “c”, com máximo afastamento dos condutores da malha de 15 metros, executada em chapa de alumínio de 70mm² - 7/8”x1/8”. Conforme nota 03 do anexo A.3 da NBR 5419-3, nas distâncias do condutor não maior que a largura da malha exigida 15x15m(Com acréscimo máximo de 20%, 18x18m).

Será feita 8 descidas nos pilares metálicos, responsáveis pela interligação da malha de captação ao aterramento. Os pilares serão interligados ao subsistema de captação, o qual será executado com condutor em chapa de alumínio com seção equivalente a 70 mm² (7/8” x 1/8”). Para o sistema de aterramento, será realizada a conexão por meio de cabo de cobre nu com seção de 50 mm², interligado até a caixa de inspeção no solo, conforme indicado no projeto da malha de aterramento.

Em cada descida será instalada uma caixa de inspeção tipo solo Ø300mm em PVC.



A malha de aterramento deverá ser construída a uma distância de no mínimo de 1m da fundação da estrutura, com a instalação, por descida, de no mínimo três hastes de aço cobreada tipo copperweld com camada de cobre de 254 micrometros 5/8" de diâmetro e 2400 mm de comprimento. O condutor responsável pela interligação da descida até a malha de aterramento será em cordoalha de cobre nu com seção transversal de 50mm².

As hastes de aterramento deverão ser interligadas com a utilização de cordoalha de cobre nu com seção transversal de #50mm². A interligação dos aterramentos de cada descida deverá ser executada com cordoalha de cobre nu com seção transversal de #50mm², formando um anel fechado entre todas as descidas. A cada 10m lineares do anel de interligação, deverá ser acrescida, se necessária, uma nova haste de aço cobreada tipo Copperweld com camada de cobre de 254 micrometros, 5/8" de diâmetro e 2400 mm de comprimento, desde que essa inserção respeite a distância mínima de 3 metros entre qualquer outra haste instalada.

A conexão entre as hastes de aterramento e a cordoalha de cobre nu deverá ser executada com solda tipo exotérmica quando as hastes que estiverem instaladas fora de caixa de inspeção e com conector tipo cabo-haste quando as hastes estiverem localizadas dentro de caixas de inspeção.

Todas as estruturas metálicas acima da cobertura (tubulações, antenas, calhas, caixas e outros) deverão ser conectadas na malha de captação, utilizando chapa de alumínio de 70mm² - 7/8"x1/8". A malha de aterramento do SPDA deverá ser conectada ao BEP – Barramento de Equipotencialização Principal, do aterramento das instalações elétricas, mediante a utilização de cordoalha de cobre nu com seção transversal de #50mm².

Nas linhas de energia que adentram a edificação deverão ser instalados Dispositivos de proteção contra sobretensões transitórias (DPS), com as seguintes características: ZnO, classe 1, tensão nominal de 275V para sistema 380/220V, frequência 60Hz, corrente de impulso $\geq 12,5\text{kA}$ (10/350 μs), corrente de descarga nominal $\geq 25\text{kA}$ (8/20 μs) e corrente de descarga máxima $\geq 40\text{kA}$ (8/20 μs), demais características conforme ABNT NBR IEC 61643-1.



F. CONCLUSÃO

Conforme descrito neste documento, a instalação de medidas de proteção contra descargas atmosféricas é obrigatória na estrutura do **Centro de Comando e Controle**.

Informo também que deverá ser realizada a equipotencialização entre o aterramento dos diversos sistemas de SPDA e os demais aterramentos elétricos das edificações, mediante conexão física entre os mesmos através de cordoalha de cobre nu com seção transversal de 50mm^2 . Deverá ser conectado o SPDA ao B.E.P. (Barramento de Equipotencialização Principal) através de um condutor de cobre nu com seção transversal de 50mm^2 que interligará a barra de cobre do B.E.P. ao anel de equipotencialização do S.P.D.A.

Ressaltamos que as prescrições deste Estudo não garantem plenamente a proteção de pessoas e equipamentos elétricos ou eletrônicos situados no interior das zonas protegidas contra os efeitos indiretos causados pelos raios, tais como: parada cardíaca, centelhamento, interferências em equipamentos ou queima de seus componentes causados por transferências de potencial devidas à indução eletromagnética, tais medidas tem a função de minimizar a ocorrência de tais riscos, reduzindo sua probabilidade a valores abaixo dos riscos toleráveis, conforme norma ABNT NBR 5419:2015.

Porto Alegre, 05 de Agosto de 2026.

RESPONSÁVEL TÉCNICO

Engenheira Civil Débora Delai Vanin
CREA: RS 184479

RESPONSÁVEL TÉCNICO

Engenheira Civil Leandro Franco Taborda
CREA: RS 53148



Centro Regional de Gestão Integrada de Riscos e Desastres

Centro Logístico

MEMORIAL DE GERENCIAMENTO DE RISCO SPDA

Modelo A



A. OBJETIVO

Este documento técnico tem o objetivo de verificar os riscos inerentes a uma estrutura devido às descargas atmosféricas para a terra e compará-los a um limite superior tolerável, que irá subsidiar a escolha das medidas de proteção apropriadas a serem adotadas para reduzir o risco ao limite ou abaixo do limite tolerável, em conformidade com a norma ABNT NBR 5419:2015.

Informar-se necessário, a classe do SPDA, as medidas de proteção necessárias e os materiais que deverão ser empregados para compor tal proteção.



B. INFORMAÇÕES DAS ESTRUTURAS

Proprietário: **CENTRO REGIONAL DE GESTÃO INTEGRADA DE RISCOS E DESASTRES DA DEFESA CIVIL(Centro Logístico).**

Estrutura: Comercial.

A estrutura do **Centro Logístico** possui 30,22 x 30,3 x 9,65 m (L x W x H), em estrutura metálica.

Seguindo a decisão tomada pelo proprietário que uma avaliação econômica não é requerida, o risco R4 para perda econômica (L4) não será considerado.

Será adotado como densidade de descargas atmosféricas a variável (N_g), que é o número de raios para a terra por quilômetros quadrados por ano. Como o site recomendado pela NBR 5419:2015-2 não está disponível, foi utilizado o mapa disponibilizado pela NBR 5419:2015-2 na figura F.5 obtendo $N_g = 18\text{km}^2/\text{ano}$ para a região de referência.



C. NECESSIDADE DE IMPLANTAÇÃO DE UM SISTEMA DE PROTEÇÃO CONTRA DESCARGAS ATMOSFÉRICAS - SPDA

Para a determinação da necessidade de implantação do SPDA para as edificações e estruturas citadas no item 2, será utilizada a metodologia de gerenciamento de riscos definida na Norma Brasileira ABNT NBR 5419-2.



D. CALCULO DE RISCOS

1. RISCO R1

Composição das componentes de risco

Os componentes de risco a serem considerados para cada tipo de perda na estrutura são listados a seguir:

R_1 : Risco de perda de vida humana:

$$R_1 = R_{A1} + R_{B1} + R_{C1}^1 + R_{M1}^1 + R_{U1} + R_{V1} + R_{W1}^1 + R_{Z1}^1 \quad (\text{Eq.01})$$

¹: Somente para estruturas com risco de explosão e para hospitais com equipamentos elétricos para salvar vidas ou outras estruturas quando a falha dos sistemas internos imediatamente possa por em perigo a vida humana.

A perda de vida humana (L1) é relevante para este tipo de estrutura, portanto o risco $R_T = 10^{-5}$ (de acordo com a Tabela 03) deve ser considerado. Seguindo a decisão tomada pelo proprietário que uma avaliação econômica não é requerida, o risco R_4 para a perda econômica L4 não é considerada. A estrutura possui uma entrada de linha de energia elétrica em baixa tensão, instalada de forma subterrânea.

A estrutura foi dividida em 01 zona, conforme listado:

- Zona Z1 – Área interna;

Na tabela 04 relaciona-se à quantidade de pessoas estimadas em função da arquitetura apresentada que ocupam cada zona e o tempo de permanência por ano.

Distribuição das pessoas nas zonas		
Zona	Número de pessoas	Tempo de presença
Zona Z2 (área interna)	119	8760
Total	119	-

Tabela 1 - Distribuição de pessoas e seu respectivo tempo de permanência estimado por zona.

Na tabela 05 são relacionados às características ambientais globais da estrutura.

Características ambientais e globais da estrutura



Parâmetros iniciais da estrutura	Observações	Símbolo	Valor	Referência
Cidade / Estado	-	-	Campo Limpo Paulista - SP	-
Densidade de descargas atmosféricas para a terra (1/km ² /ano)	Densidade de descargas atmosféricas	N _G	18	Figura F.5 NBR 5419-2
Dimensões da estrutura (m)	Largura, Comprimento e Altura	L x W x H	30,22 x 30,3 x 9,65	Projeto Arquitetônico
Fator de Localização da Estrutura	Estrutura cercada por objetos da mesma altura ou mais baixos	C _D	1	<u>Tabela A.1 (NBR 5419-2)</u>
SPDA	Estrutura não protegida	P _B	1	<u>Tabela B.2 (NBR 5419-2)</u>
Ligação equipotencial	Sem DPS	P _{EB}	1	<u>Tabela B.7 (NBR 5419-2)</u>
Blindagem espacial externa	Nenhuma - valor máximo	Ks1	1	Equação (B.5)(NBR 5419-2)

Tabela 2 -Características ambientais e globais da estrutura

Na tabela 06 são relacionados às características da linha de energia que adentram a estrutura.

Linha de Energia				
Parâmetros iniciais da estrutura	Observações	Símbolo	Valor	Referência
Comprimento (m)	Rede B.T	L _L	1000	Entrada de energia



Fator de Instalação	Aéreo	C_i	1	Tabela A.2 (NBR 5419-2)
Fator do tipo de linha	Linha de energia	C_T	0,2	Tabela A.3 (NBR 5419-2)
Fator ambiental	Suburbano	C_E	0,5	Tabela A.4 (NBR 5419-2)
Blindagem da linha (Ω/km)	Linha enterrada não blindada	R_s	1	Tabela B.8 (NBR 5419-2)
Blindagem, aterramento, isolamento	Linha enterrada não blindada	C_{LD}	1	Tabela B.4 (NBR 5419-2)
		C_{LI}	1	
Estrutura adjacente	Largura, Comprimento e Altura	$L_j \times W_j \times H_j$	-	Não aplicável
Fator de localização da estrutura adjacente	-	C_{DJ}	0	Tabela A.1 (NBR 5419-2)
Tensão suportável dos sistemas internos (kV)	-	U_w	2,5	-
Parâmetros resultantes		K_{S4}	0,4	Equação B.7(NBR 5419-2)
		P_{LD}	1	Tabela B.8 (NBR 5419-2)
		P_{LI}	0,3	Tabela B.9 (NBR 5419-2)

Tabela 06 – Características da linha de energia que adentra a estrutura.

Na tabela 07 são relacionados às características da linha de sinal que adentram a estrutura.

Linha de Sinal



Parâmetros iniciais da estrutura	Observações	Símbolo	Valor	Referência
Comprimento (m)	Linha de Sinal	L_L	1000	Entrada de energia
Fator de Instalação	Aérea	C_i	1	Tabela A.2 (NBR 5419-2)
Fator do tipo de linha	Linha de sinal	C_T	1	Tabela A.3 (NBR 5419-2)
Fator ambiental	Suburbano	C_E	0,5	Tabela A.4 (NBR 5419-2)
Blindagem da linha (Ω/km)	Resistência da Blindagem	R_S	1	Tabela B.8 (NBR 5419-2)
Blindagem, aterramento, isolamento	Linha enterrada blindada	C_{LD}	0	Tabela B.4 (NBR 5419-2)
		C_{LI}	0	
Estrutura adjacente	Largura, Comprimento e Altura	$L_J \times W_J \times H_J$	-	não aplicável
Fator de localização da estrutura adjacente	-	C_{DJ}	0	Tabela A.1 (NBR 5419-2)
Tensão suportável dos sistemas internos (kV)	-	U_W	1,5	-
Parâmetros resultantes		K_{S4}	0,67	Equação (B.7)(NBR 5419-2)
		P_{LD}	1	Tabela B.8 (NBR 5419-2)
		P_{LI}	0,5	Tabela B.9 (NBR 5419-2)

Tabela 07 – Características da linha de sinal que adentra a estrutura.



Na tabela 08 são relacionados às áreas de exposição equivalentes da estrutura e das linhas.

Áreas de exposição equivalentes da estrutura e das linhas.				
Estrutura	Referência da Equação	Símbolo	Unidade	Valor
Edificação	Equação (A.2)(NBR 5419-2)	A_D	m ²	7,05E+03
	Equação (A.7)(NBR 5419-2)	A_M	m ²	8,46E+05
Linha de energia	Equação (A.9)(NBR 5419-2)	$A_{L/P}$	m ²	4,00E+04
	Equação (A.11)(NBR 5419-2)	$A_{I/P}$	m ²	4,00E+06
	Equação (A.2)(NBR 5419-2)	$A_{DJ/P}$	não se aplica	0,00E+00
Linha de sinal	Equação (A.9)(NBR 5419-2)	$A_{L/T}$	m ²	4,00E+04
	Equação (A.11)(NBR 5419-2)	$A_{I/T}$	m ²	4,00E+06
	Equação (A.2)(NBR 5419-2)	$A_{DJ/T}$	não se aplica	0,00E+00

Tabela 08 – Área de exposição equivalentes da estrutura e das linhas.

Na tabela 09 é relacionado o número de eventos esperados para a estrutura e para as linhas.

Número de Eventos Esperados				
Estrutura	Referência da Equação	Símbolo	Unidade	Valor
Edificação	Equação (A.4)(NBR 5419-2)	N_D	-	4,51E-02
	Equação (A.6)(NBR 5419-2)	N_M	-	5,41E+00
Linha de energia	Equação (A.8)(NBR 5419-2)	$N_{L/P}$	-	2,56E-02
	Equação (A.10)(NBR 5419-2)	$N_{I/P}$	-	2,56E+00
	Equação (A.5)(NBR 5419-2)	$N_{DJ/P}$	não se aplica	0,00E+00
Linha de sinal	Equação (A.8)(NBR 5419-2)	$N_{L/T}$	-	1,28E-01
	Equação (A.10)(NBR 5419-2)	$N_{I/T}$	-	1,28E+01
	Equação (A.5)(NBR 5419-2)	$N_{DJ/T}$	não se aplica	0,00E+00



Tabela 09 – Número de eventos esperados para estrutura e linhas.

Na tabela 10 são relacionados os fatores de ponderação que incidem em cada zona:

Fatores de ponderação						
Parâmetros iniciais da estrutura		Observações	Símbolo	Zona Z1 (área externa)	Zona Z2 (área interna)	Referência
Tipo de Piso		Agricultura/ Concreto	r_t	-	1,00E-03	Tabela C.3 (NBR 5419-2)
Proteção contra choque (descarga atmosférica na estrutura)		Nenhuma medida	P_{TA}	-	1	Tabela B.1 (NBR 5419-2)
Proteção contra choque (descarga atmosférica na linha)		Nenhuma medida	P_{TU}	-	1	Tabela B.6 (NBR 5419-2)
Risco de incêndio		Normal/ Normal	r_f	-	1,00E-01	Tabela C.5 (NBR 5419-2)
Proteção contra incêndio		Nenhuma	r_p	-	0,5	Tabela C.4 (NBR 5419-2)
Blindagem espacial interna		Nenhuma	K_{S2}	-	1	Equação (B.6)(NBR 5419-2)
Energia	Fiação interna	Cabo não blindado	K_{S3}	-	1	Tabela B.5 (NBR 5419-2)
	DPS coordenados	Sem DPS/ Sem DPS	P_{SPD}	-	1	Tabela B.3 (NBR 5419-2)
Telecom	Fiação interna	Cabo não blindado	K_{S3}	-	1	Tabela B.5 (NBR 5419-2)



	DPS coordenados	Nenhum	P_{SPD}	-	1	Tabela B.3 (NBR 5419-2)
L1: Perda de vida humana	Perigo Especial:	Baixo nível	h_z	-	5	Tabela C.6 (NBR 5419-2)
	D1: devido à tensão de toque e passo	Outros/ Outros	L_T	-	1,00E-02	Tabela C.2 (NBR 5419-2)
	D2: devido a danos físicos	Outros/ Industrial	L_F	-	1,00E-01	
	D3: devido a falhas de sistemas internos	não aplicável	L_O	-	0,00E+00	
Fator para pessoas em perigo		$n_z/n_t \times t_z/8760$	-	-	4,20E-02	Arquitetura

Tabela 10 – Fatores de ponderação incidentes em cada zona.

Na tabela 11 são relacionados os parâmetros relevantes para avaliação dos componentes de risco.

Parâmetros Relevantes para avaliação dos componentes de risco						
Símbolo	Equação	Referência	Zona 1		Zona 2	
			Energia	Sinal	Energia	Sinal
P_A	$P_A = P_{TA} \times P_B$	Equação (B.1) NBR 5419-2	-		1	
P_B	-	Tabela (B.2) NBR 5419-2	-		1,00E+00	
P_C	$P_C = P_{SPD} \times C_{LD}$	Equação (B.2) NBR 5419-2	-	-	1,00E+00	0,00E+00



P_M	$P_M = P_{SPD} \times P_{MS}$	Equação (B.3) NBR 5419-2	-		5,33E-01	
P_{MS}	$P_{MS} = (K_{s1} \times K_{s2} \times K_{s3} \times K_{s4})^2$	Equação (B.4) NBR 5419-2	-	-	1,60E-01	4,44E-01
P_U	$P_U = P_{TU} \times P_{EB} \times P_{LD} \times C_{LD}$	Equação (B.8) NBR 5419-2	-	-	1,00E+00	0,00E+00
P_V	$P_V = P_{EB} \times P_{LD} \times C_{LD}$	Equação (B.9) NBR 5419-2	-	-	1,00E+00	0,00E+00
P_W	$P_W = P_{SPD} \times P_{LD} \times C_{LD}$	Equação (B.10) NBR 5419-2	-	-	1,00E+00	0,00E+00
P_Z	$P_Z = P_{SPD} \times P_{LI} \times C_{LI}$	Equação (B.11) NBR 5419-2	-	-	3,00E-01	0,00E+00
$L_A = L_U$	$L_A = r_t \times L_T \times ((n_z/n_t) \times (t_z/8760))$	Equação (C.1) NBR 5419-2	-		4,20E-07	
$L_B = L_V$	$L_B = r_p \times r_f \times h_z \times L_F \times ((n_z/n_t) \times (t_z/8760))$	Equação (C.3) NBR 5419-2	-		1,05E-03	

Tabela 11 - Parâmetros relevantes para avaliação dos componentes de risco

Na tabela 12 é relacionado o risco R1 na estrutura sem contemplar nenhum tipo de proteção.

Risco R1 para estruturas não protegidas (Risco Tolerável RT = 1 x 10 ⁻⁵)						
Tipos de danos	Equação	Zona Z1 (área externa)		Zona Z2 (área interna)		Somatório
		Energia	Sinal	Energia	Sinal	
	R _A = N _D x P _A x L _A	-		1,90E-08		1,90E-08



D1						
Ferimentos devido a choque	$R_U = (N_L + N_{DJ}) \times P_U \times L_U$ (sinal + energia)	-	-	1,08E-08	0,00E+00	1,08E-08
D2 Danos Físicos	$R_B = N_D \times P_B \times L_B$	-	-	4,74E-05		4,74E-05
	$R_V = (N_L + N_{DJ}) \times P_V \times L_V$ (sinal + energia)	-	-	2,69E-05	0,00E+00	2,69E-05
TOTAL		-	-	7,433 E-5		7,433 E-5
Risco Tolerável		-	-	RT = 1,00E-05		R1 > RT
Devido ao risco R1 ser maior que RT, a adoção de medidas de proteção contra descargas atmosféricas é necessária.						

Tabela 12 – Risco R1 para a edificação sem nenhuma medida de proteção.

Considerando que o Risco R1 ficou superior ao valor de referência para riscos toleráveis, deverá ser implementada proteções necessárias visando minimizar o risco R1 para um valor inferior ao valor do risco tolerável. As medidas que serão implementadas serão descritas no tópico seguinte.

2. RISCO R2

Composição das componentes de risco

R₂: Risco de perdas de serviço ao público

$$R_2 = R_{B2} + R_{C2} + R_{M2} + R_{V2} + R_{W2} + R_{Z2} \quad (\text{Eq.01})$$

Para o risco R2 teremos as seguintes formas para cada componente:

$$R_{B2} = N_D \times P_B \times L_B \quad (\text{Formula 01})$$

$$R_{C2} = N_D \times P_C \times L_C \quad (\text{Formula 02})$$

$$R_{M2} = N_M \times P_M \times L_M \quad (\text{Formula 03})$$

$$R_{V/P} = (N_{L/P} + N_{DJ/P}) \times P_{V/P} \times L_V \quad (\text{Formula 04})$$

$$R_{V/T} = (N_{L/T} + N_{DJ/T}) \times P_{V/T} \times L_V \quad (\text{Formula 05})$$

$$R_{V2} = R_{V/P} + R_{V/T} \quad (\text{Formula 06})$$

$$R_{W/P} = (N_{L/P} + N_{DJ/P}) \times P_{W/P} \times L_W \quad (\text{Formula 07})$$

$$R_{W/T} = (N_{L/T} + N_{DJ/T}) \times P_{W/T} \times L_W \quad (\text{Formula 08})$$

$$R_W = R_{W/P} + R_{W/T} \quad (\text{Formula 09})$$



$$R_{Z/P} = N_{I/P} \times P_{Z/P} \times L_Z \quad (\text{Formula 10})$$

$$R_{Z/T} = N_{I/T} \times P_{Z/T} \times L_Z \quad (\text{Formula 11})$$

$$R_Z = R_{Z/P} + R_{Z/T} \quad (\text{Formula 12})$$

Na tabela 13 são relacionados os fatores de ponderação relacionados a perda de serviço ao público:

Fatores de ponderação						
Parâmetros iniciais da estrutura		Observações	Símbolo	Zona Z1 (área externa)	Zona Z2 (área interna)	Referência
L2: Perda em serviço ao público.	D2: devido a danos físicos	Serviços Essenciais	L _{F2}	-	1,00E-01	Tab. C.8
	D3: devido a falhas de sistemas internos	Serviços Essenciais	L _{O2}	-	1,00E-02	

Tabela 13 – Fatores de ponderação incidentes relacionados a perda de serviço ao público.

Na tabela 14 são relacionados os parâmetros relevantes para avaliação dos componentes de risco relacionada a perda de serviço ao público.

Parâmetros Relevantes para avaliação dos componentes de risco						
Símbolo	Equação	Referência	Zona 1		Zona 2	
			Energia	Sinal	Energia	Sinal
L _{B2} = L _V	L _{B2} = L _V = r _p × r _f × L _F × n _Z / n _t	Equação (C.7) NBR 5419-2	-		2,10E-04	
L _C = L _M = L _W = L _Z	L _{C2} = L _M = L _W = L _Z = L _{O2} × n _Z / n _t	Equação (C.8) NBR 5419-2	-		4,20E-04	



Tabela 14 - Parâmetros relevantes para avaliação dos componentes de risco



Na tabela 15 é relacionado o risco R2 na estrutura sem contemplar nenhum tipo de proteção.

Risco R2 para estruturas não protegidas (Risco Tolerável RT = 1 x 10 ⁻³)						
Tipos de danos	Equação	Zona Z1 (área externa)		Zona Z2 (área interna)		Somatório
		Energia	Sinal	Energia	Sinal	
D2 Danos Físicos	R _{B2} = N _D x P _B x L _B	-		9,48E-06		9,48E-06
	R _{V2} = (N _L + N _{DJ}) x P _V x L _V (sinal + energia)	-	-	5,38E-06	0	5,38E-06
D3 falhas de sistemas internos	R _{M2} = N _M x P _M x L _M	-		1,21E-03		1,21E-03
	R _{W2} = (N _L + N _{DJ}) x P _W x L _W (sinal + energia)	-	-	1,08E-05	0,00E+00	1,08E-05
	R _{Z2} = (N _L + N _{DJ}) x P _Z x L _Z (sinal + energia)	-	-	3,23E-04	0,00E+00	3,23E-04
TOTAL		-		1,561 E-3		1,561 E-3
Risco Tolerável		-		RT = 1,00E-03		R2 > RT
Devido ao risco R2 ser maior que RT, a adoção de medidas de proteção contra descargas atmosféricas é necessária.						

Tabela 15 – Risco R2 para a edificação sem nenhuma medida de proteção.

Considerando que o Risco R2 ficou superior ao valor de referência para riscos toleráveis, deverá ser implementada proteções necessárias visando minimizar o risco R2 para um valor inferior ao valor do risco tolerável. As medidas que serão implementadas serão descritas no tópico seguinte.



E. MEDIDAS DE PROTEÇÕES ADICIONAIS A SEREM IMPLEMENTADAS

Neste tópico serão propostas, medidas de proteções adicionais visando minimizar os riscos encontrados na estrutura.

Medidas de proteções a serem adicionadas para a Edificação

3. RISCO R1

O risco R1 presente na estrutura é maior no que diz respeito aos danos físicos causados pela descarga atmosférica que atinge a estrutura ou as linhas conectadas.

Considerando a necessidade de reduzir tais componentes de risco, será necessária a adoção das seguintes medidas:

- Instalação na estrutura de um Sistema de Proteção contra Descarga Atmosférica – SPDA classe III, que implicará na redução da probabilidade PB, em conformidade com a ABNT 5419-2, para o valor de 0,1 (ABNT NBR 5419-2 Tabela B.2);
- Executar uma ligação equipotencial para descargas atmosféricas na entrada das linhas da estrutura, com a instalação de DPS projetados para NP III, em conformidade com a ABNT NBR 5419-2, que implicará na redução da probabilidade PEB para o valor de 0,05 (NBR 5419-2 Tabela B.7);
- Utilização de DPS interno e externo (coordenados) a edificação do tipo classe IV para NP III, que implicará na redução da probabilidade PSPD para o valor de 0,05 (NBR 5419-2 Tabela B.3);

Com a adoção de tais medidas, o Risco R1 presente na estrutura será reduzido para 0,609 E-5, que representa um valor inferior ao Risco Tolerável para R1 ($RT = 1 \times 10^{-5}$), conforme disposto na tabela 16.

Risco R1 para estruturas não protegidas (Risco Tolerável $RT = 1 \times 10^{-5}$)						
Tipos de danos	Equação	Zona Z1 (área externa)		Zona Z2 (área interna)		Somatório
		Energia	Sinal	Energia	Sinal	
D1	$R_A = N_D \times P_A \times L_A$	-		1,90E-09		1,90E-09
Ferimentos devido a choque	$R_U = (N_L + N_{DJ}) \times P_U \times L_U$ (sinal + energia)	não se aplica	não se aplica	5,38E-10	0,00E+00	5,38E-10
	$R_B = N_D \times P_B \times L_B$	não se aplica		4,74E-06		4,74E-06



D2 Danos Físicos	$R_V = (N_L + N_{DJ}) \times P_V \times L_V$ (sinal + energia)	não se aplica	não se aplica	1,34E-06	0,00E+00	1,34E-06
TOTAL		-		0,609 E-5		0,609 E-5
Risco Tolerável		-		RT = 1,00E-05		R1 < RT
Com a adoção de DPS para NP III, Classe III, e o PDA nível III, foram minimizados os riscos da edificação R1 para abaixo do risco tolerável.						

Tabela 16 – Risco R1 para estrutura protegida.

4. RISCO R2

O risco R2 presente na estrutura é maior no que diz respeito aos danos físicos causados pela descarga atmosférica que atinge a estrutura ou as linhas conectadas.

Considerando a necessidade de reduzir tais componentes de risco, será necessária a adoção das seguintes medidas:

- Instalação na estrutura de um Sistema de Proteção contra Descarga Atmosférica – SPDA classe III, que implicará na redução da probabilidade PB, em conformidade com a ABNT 5419-2, para o valor de 0,1 (ABNT NBR 5419-2 Tabela B.2);
- Executar uma ligação equipotencial para descargas atmosféricas na entrada das linhas da estrutura, com a instalação de DPS projetados para NP III, em conformidade com a ABNT NBR 5419-2, que implicará na redução da probabilidade PEB para o valor de 0,05 (NBR 5419-2 Tabela B.7);
- Utilização de DPS interno e externo (coordenados) a edificação do tipo classe IV para NP III, que implicará na redução da probabilidade PSPD para o valor de 0,05 (NBR 5419-2 Tabela B.3);

Com a adoção de tais medidas, o Risco R2 presente na estrutura será reduzido para 0,086 E-3, que representa um valor inferior ao Risco Tolerável para R2 (RT = 1×10^{-3}), conforme disposto na tabela 17.

Risco R2 para estruturas não protegidas (Risco Tolerável RT = 1×10^{-3})						
Tipos de danos	Equação	Zona Z1 (área externa)		Zona Z2 (área interna)		Somatório
		Energia	Sinal	Energia	Sinal	
D2 Danos Físicos	$R_{B2} = N_D \times P_B \times L_B$	-		9,48E-07		9,48E-07
	$R_{V2} = (N_L + N_{DJ}) \times P_V \times L_V$ (sinal + energia)	-	-	2,69E-07	0	2,69E-07
	$R_{M2} = N_M \times P_M \times L_M$	-		6,83E-05		6,83E-05



D3 falhas de sistemas internos	$R_{W2} = (N_L + N_{DJ}) \times P_W \times L_W(\text{sinal} + \text{energia})$	-	-	5,38E-07	0,00E+00	5,38E-07
	$R_{Z2} = (N_L + N_{DJ}) \times P_Z \times L_Z(\text{sinal} + \text{energia})$	-	-	1,61E-05	0,00E+00	1,61E-05
TOTAL		-		0,086 E-3		0,086 E-3
Risco Tolerável		-		RT = 1,00E-03		R2 > RT
Com a adoção de DPS para NP III, Classe III, e o PDA nível III, foram minimizados os riscos da edificação R2 para abaixo do risco tolerável.						

Tabela 17 – Risco R2 para estrutura protegida.

Descrição do Sistema de Proteção da edificação

O SPDA Classe III a ser instalado na estrutura do **Centro Logístico** será desenvolvido utilizando o método das malhas e esfera rolante, conforme disposto na ABNT NBR 5419-3 no tópico 5.2.2 alínea “c”, com máximo afastamento dos condutores da malha de 15 metros, executada em chapa de alumínio de 70mm² - 7/8”x1/8”. Conforme nota 03 do anexo A.3 da NBR 5419-3, nas distâncias do condutor não maior que a largura da malha exigida 15x15m (Com acréscimo máximo de 20%, 18x18m).

Será feita 8 descidas nos pilares metálicos, responsáveis pela interligação da malha de captação ao aterramento. Os pilares serão interligados ao subsistema de captação, o qual será executado com condutor em chapa de alumínio com seção equivalente a 70 mm² (7/8” x 1/8”). Para o sistema de aterramento, será realizada a conexão por meio de cabo de cobre nu com seção de 50 mm², interligado até a caixa de inspeção no solo, conforme indicado no projeto da malha de aterramento.

Em cada descida será instalada uma caixa de inspeção tipo solo Ø300mm em PVC. A malha de aterramento deverá ser construída a uma distância de no mínimo de 1m da fundação da estrutura, com a instalação, por descida, de no mínimo três hastes de aço cobreada tipo copperweld com camada de cobre de 254 micrometros 5/8” de diâmetro e 2400 mm de comprimento. O condutor responsável pela interligação da descida até a malha de aterramento será em cordoalha de cobre nu com seção transversal de 50mm².

As hastes de aterramento deverão ser interligadas com a utilização de cordoalha de cobre nu com seção transversal de #50mm². A interligação dos aterramentos de cada descida deverá ser executada com cordoalha de cobre nu com seção transversal de #50mm², formando um anel fechado entre todas as descidas. A cada 10m lineares do anel de interligação, deverá ser acrescida, se necessária, uma nova haste de aço cobreada tipo Copperweld com camada de cobre de 254 micrometros, 5/8” de diâmetro e 2400 mm de comprimento, desde que essa inserção respeite a distância mínima de 3 metros entre qualquer outra haste instalada.



A conexão entre as hastes de aterramento e a cordoalha de cobre nu deverá ser executada com solda tipo exotérmica quando as hastes que estiverem instaladas fora de caixa de inspeção e com conector tipo cabo-haste quando as hastes estiverem localizadas dentro de caixas de inspeção.

Todas as estruturas metálicas acima da cobertura (tubulações, antenas, calhas, caixas e outros) deverão ser conectadas na malha de captação, utilizando chapa de alumínio de 70mm² - 7/8"x1/8". A malha de aterramento do SPDA deverá ser conectada ao BEP – Barramento de Equipotencialização Principal, do aterramento das instalações elétricas, mediante a utilização de cordoalha de cobre nu com seção transversal de #50mm².

Nas linhas de energia que adentram a edificação deverão ser instalados Dispositivos de proteção contra sobretensões transitórias (DPS), com as seguintes características: ZnO, classe 1, tensão nominal de **275V** para sistema **380/220V**, frequência 60Hz, corrente de impulso $\geq 12,5\text{kA}$ (10/350 μs), corrente de descarga nominal $\geq 25\text{kA}$ (8/20 μs) e corrente de descarga máxima $\geq 40\text{kA}$ (8/20 μs), demais características conforme ABNT NBR IEC 61643-1.



F. CONCLUSÃO

Conforme descrito neste documento, a instalação de medidas de proteção contra descargas atmosféricas é obrigatória na estrutura do **Centro Logístico**.

Informo também que deverá ser realizada a equipotencialização entre o aterramento dos diversos sistemas de SPDA e os demais aterramentos elétricos das edificações, mediante conexão física entre os mesmos através de cordoalha de cobre nu com seção transversal de 50mm^2 . Deverá ser conectado o SPDA ao B.E.P. (Barramento de Equipotencialização Principal) através de um condutor de cobre nu com seção transversal de 50mm^2 que interligará a barra de cobre do B.E.P. ao anel de equipotencialização do S.P.D.A.

Ressaltamos que as prescrições deste Estudo não garantem plenamente a proteção de pessoas e equipamentos elétricos ou eletrônicos situados no interior das zonas protegidas contra os efeitos indiretos causados pelos raios, tais como: parada cardíaca, centelhamento, interferências em equipamentos ou queima de seus componentes causados por transferências de potencial devidas à indução eletromagnética, tais medidas tem a função de minimizar a ocorrência de tais riscos, reduzindo sua probabilidade a valores abaixo dos riscos toleráveis, conforme norma ABNT NBR 5419:2015.

Porto Alegre, 05 de Agosto de 2026.

RESPONSÁVEL TÉCNICO

Engenheira Civil Débora Delai Vanin
CREA: RS 184479

RESPONSÁVEL TÉCNICO

Engenheira Civil Leandro Franco Taborda
CREA: RS 53148