

MEMORIAL DESCRITIVO

GERENCIAMENTO DE RISCO ABNT NBR 5419-2:2015

PROTEÇÃO CONTRA DESCARGAS ATMOSFÉRICAS

APROVAÇÃO PARA CONSTRUÇÃO 5º BATALHÃO DA POLÍCIA MILITAR

1 – Responsável Técnico

Nome: **Bruno Rocha dos Santos**
Endereço: **Praça Tobias Barreto, nº 20**
Telefone: **(79) 3216-5454**

Registro: **02167625537**
Bairro: **São José**
Município: **Aracaju/SE**

2 – Dados da Obra/Empreendimento

Proprietário: **Fundo Especial para Segurança Pública**
Endereço: **Rua 8, nº 480**
Complemento: **esquina com rua Jordão de Oliveira**

CNPJ: **09.389.806/0001-98**
Bairro: **Distrito Industrial**
Município: **Nossa Senhora do Socorro/SE**

3 – Classificação da Edificação conforme IT 01 CBMSE vigente

Ocupação/Uso: **H-4**
Divisão: **edificações das forças armadas e policiais**
Gabarito de altura: **10,77 m**

Carga Incêndio: **até 300MJ/m²**
Risco: **baixo**
Altura entre pisos Habitáveis: **3,10 m**

Aracaju, 30 de outubro de 2023

1- OBJETIVO

Este estudo tem por finalidade realizar o gerenciamento de risco da Proteção contra Descargas Atmosféricas (PDA) do 5º Batalhão da Polícia Militar, conforme norma vigente ABNT NBR 5419/2015-2 (Proteção contra descargas atmosféricas Parte 2: Gerenciamento de risco).

2- ANÁLISE DE RISCO

Conforme a Norma ABNT NBR 5419-2:2015, a necessidade da utilização de medidas de proteção para reduzir as perdas devido às descargas atmosféricas deve ser determinada pela análise de risco.

Importante!

O mau funcionamento dos sistemas eletroeletrônicos não é coberto pela série de Normas ABNT NBR 5419:2015. Para tanto, deverá ser consultada a Norma IEC 61000-4-5.

O fato de R1, R2 e R3 serem diferentes de zero implica que há riscos envolvidos, ainda que estes sejam menores que os valores tolerados e poderão ocorrer acidentes.

De acordo com a Norma ABNT NBR 5419-1:2015, os riscos R1, R2 e R3 devem ser considerados na avaliação da necessidade de proteção contra descargas atmosféricas, sendo R4 opcionalmente utilizado.

Divisão do empreendimento considerados para calculo:



2.1- DETERMINAÇÃO DAS PERDAS RELEVANTES À ESTRUTURA

Conforme a seção 4.1.3 da ABNT NBR 5419-2:2015, são definidos os seguintes tipos de perdas:

- L1: perda de vida humana (incluindo ferimentos permanentes);
- L2: perda de serviço ao público;
- L3: perda de patrimônio cultural;
- L4: perda de valores econômicos (estrutura, conteúdo e perda de atividades).

Para a estrutura em questão são feitas as seguintes observações:

- A Estrutura não é responsável por serviços públicos a usuários fora de seu interior (gás, água, energia, TV ou linhas de sinais);
- A estrutura não possui patrimônio cultural em seu interior;
- Não será realizado estudo de impacto econômico das soluções contra descargas atmosféricas, face às perdas econômicas decorrentes destas.

Dessa forma, são relevantes as seguintes perdas para as zonas definidas:

ZONA	DESCRIÇÃO	PERDAS
Zona 01 (ext. 01)	CIRCULAÇÃO INTERNA	L1
Zona 02	BLOCO ADMINISTRATIVO	L1
Zona 03	CENTRO DE DISTRIBUIÇÃO	L1
Zona 04	COMPLEXO ESPORTIVO	L1

E, para os tipos de perdas, serão calculados os seguintes riscos:

ZONA	DESCRIÇÃO	PERDAS
Zona 01 (ext. 01)	CIRCULAÇÃO INTERNA	R1
Zona 03	BLOCO ADMINISTRATIVO	R1
Zona 04	CENTRO DE DISTRIBUIÇÃO	R1
Zona 05	COMPLEXO ESPORTIVO	R1

2.2- DETERMINAÇÃO DA COMPOSIÇÃO DOS RISCOS (R1)

Para a composição do risco R1, são feitas as seguintes considerações:

- A estrutura não possui risco de explosão;
- A estrutura não é um hospital com equipamentos elétricos para salvar vidas;
- A falha dos sistemas internos não porá imediatamente perigo a vida humana.

R1 será dado por:

ZONA	DESCRIÇÃO	COMPOSIÇÃO R1
Zona 01 (ext. 01)	CIRCULAÇÃO INTERNA	$R1 = RA$
Zona 02	BLOCO ADMINISTRATIVO	$R1 = RA + RB + RU + RV$
Zona 03	CENTRO DE DISTRIBUIÇÃO	$R1 = RA + RB + RU + RV$
Zona 04	COMPLEXO ESPORTIVO	$R1 = RA + RB + RU + RV$

3- R1: RISCO DE PERDA DE VIDA HUMANA – ZONA 01: CIRCULAÇÃO EXTERNA**➤ R_A (ferimentos aos seres vivos, causados por choque elétrico - desc. na est.)**

Número de eventos perigosos para a estrutura (N _D)		
N _G	Densidade de descargas atmosféricas para a terra	0,42 desc/km²/ano
	http://www.inpe.br/webelat/homepage/	
A _D	Área de exposição equivalente	7.918,40 m²
	BOLOCO ADMINISTRATIVO	
	L= 37, W=22,12, H=10,77, Estrutura Complexa, HP=13,41	
C _D	Fator de localização da estrutura	0,5
	Cerc. por objetos da mesma altura ou mais baixos	
N _D	$N_D=N_G \times A_D \times C_D \times 10^{-6}$	
		1,66 E-03 desc/ano

Probabilidade de uma descarga atmosférica em uma estrutura causar ferimentos a seres vivos por meio de choque elétrico (P _A)		
P _{TA}	Probabilidade de uma descarga em uma estrutura causar choque a seres vivos (tensões de toque e de passo)	1
	Nenhuma medida de proteção	
P _B	Probabilidade de uma descarga em uma estrutura causar danos físicos	1
	Estrutura não protegida por SPDA	
P _A	P _A = P _{TA} x P _B	1,00 E+00

Quantidade de perda L _A		
r _t	Tipo da superfície do solo ou piso	1,00 E-03
	Marmore, cerâmica	
L _T	Vítimas feridas por choque elétrico	1,00 E-02
	Todos os tipos	
n _z	Número de pessoas na zona	31
n _t	Número total de pessoas na estrutura	410
t _z	Tempo total de pessoas presentes na estrutura (horas/ano)	8.760 h/ano
L _A	$L_A = r_t \times L_T \times n_z / n_t \times t_z / 8760$	
	7,56 E-07	

R _A	$R_A = N_D \times P_A \times L_A$	1,26 E-09 / ano
----------------	-----------------------------------	-----------------

Para zonas externas, o único componente de risco relevante é R_A.
Assim:

R ₁	$R_1 = R_A$	1,26 E-09 / ano
----------------	-------------	-----------------

4- R1: RISCO DE PERDA DE VIDA HUMANA – ZONA 02: BLOCO ADMINISTRATIVO**➤ R_A (ferimentos aos seres vivos, causados por choque elétrico - desc. na est.)**

Número de eventos perigosos para a estrutura (N _D)		
N _G	Densidade de descargas atmosféricas para a terra	0,42 desc/km ² /ano
	http://www.inpe.br/webelat/homepage/	
A _D	Área de exposição equivalente	7.918,40 m ²
	BOLOCO ADMINISTRATIVO	
	L=37, W=22,12, H=10,77, Estrutura Complexa, HP=13,41	
C _D	Fator de localização da estrutura	0,5
	Cerc. por objetos da mesma altura ou mais baixos	
N _D	$N_D = N_G \times A_D \times C_D \times 10^{-6}$	1,66 E-03 desc/ano

Probabilidade de uma descarga atmosférica em uma estrutura causar ferimentos a seres vivos por meio de choque elétrico (P _A)		
P _{TA}	Probabilidade de uma descarga em uma estrutura causar choque a seres vivos (tensões de toque e de passo)	1
	Nenhuma medida de proteção	
P _B	Probabilidade de uma descarga em uma estrutura causar danos físicos	1
	Estrutura não protegida por SPDA	
P _A	$P_A = P_{TA} \times P_B$	1,00 E+00

Quantidade de perda L _A		
r _t	Tipo da superfície do solo ou piso	1,00 E-03
	Marmore, cerâmica	
L _T	Vítimas feridas por choque elétrico	1,00 E-02
	Todos os tipos	
n _z	Número de pessoas na zona	100
n _t	Número total de pessoas na estrutura	410
t _z	Tempo total de pessoas presentes na zona (horas/ano)	8.760 h/ano
L _A	$L_A = r_t \times L_T \times n_z / n_t \times t_z / 8760$	2,44 E-06

R _A	$R_A = N_D \times P_A \times L_A$	4,06 E-09 / ano
----------------	-----------------------------------	-----------------

➤ R_B (danos físicos causados por centelhamentos perigosos dentro da est.)

Número de eventos perigosos para a estrutura (N _D)		
(já calculado)		
N _D	$N_D = N_G \times A_D \times C_D \times 10^{-6}$	1,66 E-03 desc/ano

Probabilidade de uma descarga atmosférica em uma estrutura causar danos físicos (P_B)		
(já calculado)		
P_B	Estrutura não protegida por SPDA	1

Quantidade de perda L_B		
r_p	<i>Providências para redução de consequências de incêndios</i>	0,5
	Uma das seguintes providências: extintores, instalações fixas operadas manualmente, instalações de alarme manuais, hidrantes, compartimentos à prova de fogo, rotas de escape	
r_f	<i>Risco de incêndio ou explosão na estrutura</i>	1,00 E-03
	Baixo risco de incêndio	
h_z	<i>Presença de perigo especial</i>	2
	Baixo nível de pânico (por exemplo, uma estrutura limitada a dois andares e número de pessoas não superior a 100)	
L_F	<i>Número de vítimas por danos físicos</i>	1,00 E-02
	Outros	
n_z	<i>Número de pessoas na zona</i>	100
n_t	<i>Número total de pessoas na estrutura</i>	410
t_z	<i>Tempo total de pessoas presentes na zona (horas/ano)</i>	8760
L_B	$L_B = r_p \times r_f \times h_z \times L_F \times n_z / n_t \times t_z / 8760$	2,44 E-06

R_B	$R_B = N_D \times P_B \times L_B$	4,06 E-09 / ano
-------	-----------------------------------	-----------------

➤ **R_u (ferimentos aos seres vivos, por choque elétrico - desc. na linha)**

Número de eventos perigosos por descargas na linha (N _L)				
N _G	Densidade de descargas atmosféricas para a terra			0,42 desc/km²/ano
	http://www.inpe.br/webelat/homepage/			
C _E	Fator ambiental (para todas as linhas)			0,1
	Urbano			
Linha	Tipo	A. exposição / Instalação / Tipo		Parâmetros
1	Energia	A _{L1}	A. de exposição equivalente da linha	1.000,00 m²
Descrição		C ₁₁	Enterrado	0,50
Linha de Energia		C _{T1}	Linha de energia ou sinal	1,00
2	Sinal	A _{L2}	A. de exposição equivalente da linha	1.600,00 m²
Descrição		C ₁₂	Enterrado	0,50
Linha de Sinal		C _{T2}	Linha de energia ou sinal	1,00

Número de eventos perigosos por descargas na linha (N_L)				
N_L	Linha	Tipo	Equação A.8	N_L
	1	Energia	$N_{L1} = N_G \times A_{L1} \times C_{11} \times C_{E1} \times C_{T1} \times 10^{-6}$	2,10 E-05
	2	Sinal	$N_{L2} = N_G \times A_{L2} \times C_{12} \times C_{E2} \times C_{T2} \times 10^{-6}$	3,36 E-05

Número de eventos perigosos para uma estrutura adjacente (N_{DJ})				
N_G	Densidade de descargas atmosféricas para a terra			0,42 desc/km ² /ano
	http://www.inpe.br/webelat/homepage/			
Linha	Tipo	Estrutura adjacente / Localização / Tipo		Parâmetros
1	Energia	A_{DJ1}	SUBESTAÇÃO	2.399,22 m ²
Descrição		C_{DJ1}	Cerc. por objetos da mesma altura ou mais baixos	0,50
Linha de Energia		C_{T1}	Linha de energia ou sinal	1,00
2	Sinal	A_{DJ2}	ARMÁRIO TELECON	14,02 m ²
Descrição		C_{DJ2}	Cercada por objetos mais altos	0,25
Linha de Sinal		C_{T2}	Linha de energia ou sinal	1,00

Número de eventos perigosos para uma estrutura adjacente (N_{DJ})				
N_{DJ}	Linha	Tipo	Equação A.5	N_{DJ}
	1	Energia	$N_{DJ1} = N_G \times A_{DJ1} \times C_{DJ1} \times C_{T1} \times 10^{-6}$	5,04 E-04
	2	Sinal	$N_{DJ2} = N_G \times A_{DJ2} \times C_{DJ2} \times C_{T2} \times 10^{-6}$	1,47 E-06

Probabilidade de uma descarga atmosférica em uma linha causar ferimentos a seres vivos por choque elétrico (P _U)					
P _{TU}	Medidas de proteção contra tensões de toque			1	
	Nenhuma medida de proteção				
P _{EB}	DPS's na entrada de linha (ligações equipotenciais)			1	
	Sem DPS				
Linha	Tipo	Tipo de linha / U _w / Blindagem		Parâmetros	
1	Energia	Enterrada não blindada / Indefinida		C _{LD1}	1
Descrição		U _{w1}	2,5 kV	P _{LD1}	1,00
Linha de Energia		R _{S1}	Sem blindagem		
2	Sinal	Enterrada não blindada / Indefinida		C _{LD2}	1
Descrição		U _{w2}	1,5 kV	P _{LD2}	1,00
Linha de Sinal		R _{S2}	Sem blindagem		

Probabilidade de uma descarga atmosférica em uma linha causar ferimentos a seres vivos por choque elétrico (P_U)				
P_U	Linha	Tipo	Equação B.8	P_U
	1	Energia	$P_{U1} = P_{TU} \times P_{EB} \times P_{LD1} \times C_{LD1}$	1,00 E+00
	2	Sinal	$P_{U2} = P_{TU} \times P_{EB} \times P_{LD2} \times C_{LD2}$	1,00 E+00

Quantidade de perda L_U		
(já calculado)		
L_U	$L_U = L_A = r_t \times L_T \times n_z / n_t \times t_z / 8760$	2,44 E-06

Risco R_U de ferimentos aos seres vivos, causados por choque elétrico por descargas nas linhas conectadas				
R_U	<i>Linha</i>	<i>Tipo</i>	<i>Equação 10</i>	R_U
	1	Energia	$R_{U1} = (N_{L1} + N_{D1}) \times P_{U1} \times L_U$	1,28 E-09 / ano
	2	Sinal	$R_{U2} = (N_{L2} + N_{D2}) \times P_{U2} \times L_U$	8,55 E-11 / ano
R_U		$R_U = R_{U1} + R_{U2} + R_{U3} + \dots$		1,37 E-09 / ano

➤ **R_V (danos físicos causados por centelhamentos - descargas nas linhas)**

Número de eventos perigosos por descargas na linha (N_L)				
(já calculado)				
N_L	<i>Linha</i>	<i>Tipo</i>	<i>Equação A.8</i>	N_L
	1	Energia	$N_{L1} = N_0 \times A_{L1} \times C_{T1} \times C_{E1} \times C_{T1} \times 10^{-6}$	2,10 E-05
	2	Sinal	$N_{L2} = N_0 \times A_{L2} \times C_{T2} \times C_{E2} \times C_{T2} \times 10^{-6}$	3,36 E-05

Número de eventos perigosos para uma estrutura adjacente (N_{DJ})				
(já calculado)				
N_{DJ}	<i>Linha</i>	<i>Tipo</i>	<i>Equação A.5</i>	N_{DJ}
	1	Energia	$N_{DJ1} = N_0 \times A_{DJ1} \times C_{DJ1} \times C_{T1} \times 10^{-6}$	5,04 E-04
	2	Sinal	$N_{DJ2} = N_0 \times A_{DJ2} \times C_{DJ2} \times C_{T2} \times 10^{-6}$	1,47 E-06

Probabilidade de uma descarga atmosférica em uma linha causar danos físicos (P _v)						
P _{EB}	DPS's na entrada de linha (ligações equipotenciais)			1		
	Sem DPS					
Linha	Tipo	Tipo de linha / U _w / Blindagem			Parâmetros	
1	Energia	Enterrada não blindada / Indefinida			C _{LD1}	1
Descrição		U _{w1}	2,5 kV		P _{LD1}	1,00
Linha de Energia		R _{S1}	Sem blindagem			
2	Sinal	Enterrada não blindada / Indefinida			C _{LD2}	1
Descrição		U _{w2}	1,5 kV		P _{LD2}	1,00
Linha de Sinal		R _{S2}	Sem blindagem			

Probabilidade de uma descarga atmosférica em uma linha causar danos físicos (P_V)				
P_V	<i>Linha</i>	<i>Tipo</i>	<i>Equação B.9</i>	P_V
	1	Energia	$P_{V1} = P_{EB} \times P_{LD1} \times C_{LD1}$	1,00 E+00
	2	Sinal	$P_{V2} = P_{EB} \times P_{LD2} \times C_{LD2}$	1,00 E+00

Quantidade de perda L_V		
(já calculado)		
L_V	$L_V = L_B = r_p \times r_f \times h_z \times L_F \times n_z / n_t \times t_z / 8760$	2,44 E-06

Risco R_V de danos físicos centelhamentos perigosos por descargas nas linhas conectadas				
R_V	<i>Linha</i>	<i>Tipo</i>	<i>Equação 11</i>	R_V
	1	Energia	$R_{V1} = (N_{L1} + N_{D1}) \times P_{V1} \times L_V$	1,28 E-09 / ano
	2	Sinal	$R_{V2} = (N_{L2} + N_{D2}) \times P_{V2} \times L_V$	8,55 E-11 / ano

R_V	$R_V = R_{V1} + R_{V2} + R_{V3} + \dots$	1,37 E-09 / ano
-------	--	-----------------

A estrutura não possui risco de explosão, não é um hospital com equipamentos elétricos para salvar vidas ou a falha de seus sistemas internos não porá em risco a vida humana. Dessa forma, o valor do risco $R1$ é dado por:

$R1 = R_A + R_B + R_U + R_V$	1,08 E-08 / ano
------------------------------	-----------------

5- R1: RISCO DE PERDA DE VIDA HUMANA – ZONA 03: CENTRO DE DISTRIBUIÇÃO**➤ R_A (ferimentos aos seres vivos, causados por choque elétrico - desc. na est.)**

Número de eventos perigosos para a estrutura (N _D)		
N _G	Densidade de descargas atmosféricas para a terra	0,42 desc/km ² /ano
	http://www.inpe.br/webelat/homepage/	
A _D	Área de exposição equivalente	3.585,67 m ²
	CENTRO DE DISTRIBUIÇÃO	
	L=21,5, W=21,97, H=6,85, Estrutura Complexa, HP=7,65	
C _D	Fator de localização da estrutura	0,5
	Cerc. por objetos da mesma altura ou mais baixos	
N _D	$N_D = N_G \times A_D \times C_D \times 10^{-6}$	7,53 E-04 desc/ano

Probabilidade de uma descarga atmosférica em uma estrutura causar ferimentos a seres vivos por meio de choque elétrico (P _A)		
P _{TA}	Probabilidade de uma descarga em uma estrutura causar choque a seres vivos (tensões de toque e de passo)	1
	Nenhuma medida de proteção	
P _B	Probabilidade de uma descarga em uma estrutura causar danos físicos	1
	Estrutura não protegida por SPDA	
P _A	$P_A = P_{TA} \times P_B$	1,00 E+00

Quantidade de perda L _A		
r _t	Tipo da superfície do solo ou piso	1,00 E-03
	Marmore, cerâmica	
L _T	Vítimas feridas por choque elétrico	1,00 E-02
	Todos os tipos	
n _z	Número de pessoas na zona	67
n _t	Número total de pessoas na estrutura	410
t _z	Tempo total de pessoas presentes na zona (horas/ano)	8.760 h/ano
L _A	$L_A = r_t \times L_T \times n_z / n_t \times t_z / 8760$	1,63 E-06

R _A	$R_A = N_D \times P_A \times L_A$	1,23 E-09 / ano
----------------	-----------------------------------	-----------------

➤ R_B (danos físicos causados por centelhamentos perigosos dentro da est.)

Número de eventos perigosos para a estrutura (N _D)		
(já calculado)		
N _D	$N_D = N_G \times A_D \times C_D \times 10^{-6}$	7,53 E-04 desc/ano

Probabilidade de uma descarga atmosférica em uma estrutura causar danos físicos (P_B)		
(já calculado)		
P_B	Estrutura não protegida por SPDA	1

Quantidade de perda L_B		
r_p	<i>Providências para redução de consequências de incêndios</i>	0,5
	Uma das seguintes providências: extintores, instalações fixas operadas manualmente, instalações de alarme manuais, hidrantes, compartimentos à prova de fogo, rotas de escape	
r_f	<i>Risco de incêndio ou explosão na estrutura</i>	1,00 E-03
	Baixo risco de incêndio	
h_z	<i>Presença de perigo especial</i>	2
	Baixo nível de pânico (por exemplo, uma estrutura limitada a dois andares e número de pessoas não superior a 100)	
L_F	<i>Número de vítimas por danos físicos</i>	1,00 E-02
	Outros	
n_z	<i>Número de pessoas na zona</i>	67
n_t	<i>Número total de pessoas na estrutura</i>	410
t_z	<i>Tempo total de pessoas presentes na zona (horas/ano)</i>	8760
L_B	$L_B = r_p \times r_f \times h_z \times L_F \times n_z / n_t \times t_z / 8760$	1,63 E-06

R_B	$R_B = N_D \times P_B \times L_B$	1,23 E-09 / ano
-------	-----------------------------------	-----------------

➤ **R_U (ferimentos aos seres vivos, por choque elétrico - desc. na linha)**

Número de eventos perigosos por descargas na linha (N_L)				
N_G	<i>Densidade de descargas atmosféricas para a terra</i>			0,42 desc/km²/ano
	http://www.inpe.br/webelat/homepage/			
C_E	<i>Fator ambiental (para todas as linhas)</i>			0,1
	Urbano			
<i>Linha</i>	<i>Tipo</i>	<i>A. exposição / Instalação / Tipo</i>		<i>Parâmetros</i>
1	Energia	A_{L1}	<i>A. de exposição equivalente da linha</i>	1.000,00 m²
<i>Descrição</i>		C_{I1}	Enterrado	0,50
Linha de Energia		C_{T1}	Linha de energia ou sinal	1,00
2	Sinal	A_{L2}	<i>A. de exposição equivalente da linha</i>	1.600,00 m²
<i>Descrição</i>		C_{I2}	Enterrado	0,50
Linha de Sinal		C_{T2}	Linha de energia ou sinal	1,00

Número de eventos perigosos por descargas na linha (N_L)				
N_L	<i>Linha</i>	<i>Tipo</i>	<i>Equação A.8</i>	N_L
	1	Energia	$N_{L1} = N_G \times A_{L1} \times C_{T1} \times C_{E1} \times C_{T1} \times 10^{-6}$	2,10 E-05
	2	Sinal	$N_{L2} = N_G \times A_{L2} \times C_{T2} \times C_{E2} \times C_{T2} \times 10^{-6}$	3,36 E-05

Número de eventos perigosos para uma estrutura adjacente (N_{DJ})				
N_G	<i>Densidade de descargas atmosféricas para a terra</i>			0,42 desc/km²/ano
	http://www.inpe.br/webelat/homepage/			
<i>Linha</i>	<i>Tipo</i>	<i>Estrutura adjacente / Localização / Tipo</i>		<i>Parâmetros</i>
1	Energia	A_{DJ1}	SUBESTAÇÃO	2.399,22 m²
<i>Descrição</i>		C_{DJ1}	Cerc. por objetos da mesma altura ou mais baixos	0,50
Linha de Energia		C_{T1}	Linha de energia ou sinal	1,00
2	Sinal	A_{DJ2}	ARMÁRIO TELECON	14,02 m²
<i>Descrição</i>		C_{DJ2}	Cercada por objetos mais altos	0,25
Linha de Sinal		C_{T2}	Linha de energia ou sinal	1,00

Número de eventos perigosos para uma estrutura adjacente (N_{DJ})				
N_{DJ}	<i>Linha</i>	<i>Tipo</i>	<i>Equação A.5</i>	N_{DJ}
	1	Energia	$N_{DJ1} = N_G \times A_{DJ1} \times C_{DJ1} \times C_{T1} \times 10^{-6}$	5,04 E-04
	2	Sinal	$N_{DJ2} = N_G \times A_{DJ2} \times C_{DJ2} \times C_{T2} \times 10^{-6}$	1,47 E-06

Probabilidade de uma descarga atmosférica em uma linha causar ferimentos a seres vivos por choque elétrico (P _U)					
P _{TU}	Medidas de proteção contra tensões de toque		1		
	Nenhuma medida de proteção				
P _{EB}	DPS's na entrada de linha (ligações equipotenciais)		1		
	Sem DPS				
Linha	Tipo	Tipo de linha / U _w / Blindagem		Parâmetros	
1	Energia	Enterrada não blindada / Indefinida		C _{LD1}	1
Descrição		U _{w1}	2,5 kV	P _{LD1}	1,00
Linha de Energia		R _{S1}	Sem blindagem		
2	Sinal	Enterrada não blindada / Indefinida		C _{LD2}	1
Descrição		U _{w2}	1,5 kV	P _{LD2}	1,00
Linha de Sinal		R _{S2}	Sem blindagem		

Probabilidade de uma descarga atmosférica em uma linha causar ferimentos a seres vivos por choque elétrico (P_U)				
P_U	<i>Linha</i>	<i>Tipo</i>	<i>Equação B.8</i>	P_U
	1	Energia	$P_{U1} = P_{TU} \times P_{EB} \times P_{LD1} \times C_{LD1}$	1,00 E+00
	2	Sinal	$P_{U2} = P_{TU} \times P_{EB} \times P_{LD2} \times C_{LD2}$	1,00 E+00

Quantidade de perda L_U		
(já calculado)		
L_U	$L_U = L_A = r_t \times L_T \times n_z / n_t \times t_z / 8760$	1,63 E-06

Risco R_U de ferimentos aos seres vivos, causados por choque elétrico por descargas nas linhas conectadas				
R_U	<i>Linha</i>	<i>Tipo</i>	<i>Equação 10</i>	R_U
	1	Energia	$R_{U1} = (N_{L1} + N_{DU1}) \times P_{U1} \times L_U$	8,58 E-10 / ano
	2	Sinal	$R_{U2} = (N_{L2} + N_{DU2}) \times P_{U2} \times L_U$	5,73 E-11 / ano

R_U	$R_U = R_{U1} + R_{U2} + R_{U3} + \dots$	9,15 E-10 / ano
-------	--	-----------------

➤ **R_v (danos físicos causados por centelhamentos - descargas nas linhas)**

Número de eventos perigosos por descargas na linha (N_L)				
(já calculado)				
N_L	<i>Linha</i>	<i>Tipo</i>	<i>Equação A.8</i>	N_L
	1	Energia	$N_{L1} = N_G \times A_{L1} \times C_{T1} \times C_{E1} \times C_{T1} \times 10^{-6}$	2,10 E-05
	2	Sinal	$N_{L2} = N_G \times A_{L2} \times C_{T2} \times C_{E2} \times C_{T2} \times 10^{-6}$	3,36 E-05

Número de eventos perigosos para uma estrutura adjacente (N_{DU})				
(já calculado)				
N_{DU}	<i>Linha</i>	<i>Tipo</i>	<i>Equação A.5</i>	N_{DU}
	1	Energia	$N_{DU1} = N_G \times A_{DU1} \times C_{DU1} \times C_{T1} \times 10^{-6}$	5,04 E-04
	2	Sinal	$N_{DU2} = N_G \times A_{DU2} \times C_{DU2} \times C_{T2} \times 10^{-6}$	1,47 E-06

Probabilidade de uma descarga atmosférica em uma linha causar danos físicos (P _V)				
P _{EB}	DPS's na entrada de linha (ligações equipotenciais)			1
	Sem DPS			
Linha	Tipo	Tipo de linha / U _w / Blindagem		Parâmetros
1	Energia	Enterrada não blindada / Indefinida		C _{LD1} 1
Descrição		U _{w1}	2,5 kV	P _{LD1} 1,00
Linha de Energia		R _{S1}	Sem blindagem	
2	Sinal	Enterrada não blindada / Indefinida		C _{LD2} 1
Descrição		U _{w2}	1,5 kV	P _{LD2} 1,00
Linha de Sinal		R _{S2}	Sem blindagem	

Probabilidade de uma descarga atmosférica em uma linha causar danos físicos (P_v)				
P_v	<i>Linha</i>	<i>Tipo</i>	<i>Equação B.9</i>	P_v
	1	Energia	$P_{v1} = P_{EB} \times P_{LD1} \times C_{LD1}$	1,00 E+00
	2	Sinal	$P_{v2} = P_{EB} \times P_{LD2} \times C_{LD2}$	1,00 E+00

Quantidade de perda L_v		
(já calculado)		
L_v	$L_v = L_B = r_p \times r_f \times h_z \times L_F \times n_z / n_1 \times t_z / 8760$	1,63 E-06

Risco R_v de danos físicos centelhamentos perigosos por descargas nas linhas conectadas				
R_v	<i>Linha</i>	<i>Tipo</i>	<i>Equação 11</i>	R_v
	1	Energia	$R_{v1} = (N_{L1} + N_{DJ1}) \times P_{v1} \times L_v$	8,58 E-10 / ano
	2	Sinal	$R_{v2} = (N_{L2} + N_{DJ2}) \times P_{v2} \times L_v$	5,73 E-11 / ano

R_v	$R_v = R_{v1} + R_{v2} + R_{v3} + \dots$	9,15 E-10 / ano
-------	--	-----------------

A estrutura não possui risco de explosão, não é um hospital com equipamentos elétricos para salvar vidas ou a falha de seus sistemas internos não porá em risco a vida humana. Dessa forma, o valor do risco R_1 é dado por:

$R_1 = R_A + R_B + R_U + R_V$	4,29 E-09 / ano
-------------------------------	-----------------

6- R1: RISCO DE PERDA DE VIDA HUMANA – ZONA 04: COMPLEXO ESPORTIVO**➤ R_A (ferimentos aos seres vivos, causados por choque elétrico - desc. na est.)**

Número de eventos perigosos para a estrutura (N _D)		
N _G	Densidade de descargas atmosféricas para a terra	0,42 desc/km ² /ano
	http://www.inpe.br/webelat/homepage/	
A _D	Área de exposição equivalente	7.537,85 m ²
	COMPLEXO ESPORTIVO	
	L=59,73, W=26,02, H=8,06, Estrutura Comum, HP=Não Aplicável	
C _D	Fator de localização da estrutura	0,5
	Cerc. por objetos da mesma altura ou mais baixos	
N _D	$N_D = N_G \times A_D \times C_D \times 10^{-6}$	1,58 desc/ano

Probabilidade de uma descarga atmosférica em uma estrutura causar ferimentos a seres vivos por meio de choque elétrico (P _A)		
P _{TA}	Probabilidade de uma descarga em uma estrutura causar choque a seres vivos (tensões de toque e de passo)	1
	Nenhuma medida de proteção	
P _B	Probabilidade de uma descarga em uma estrutura causar danos físicos	1
	Estrutura não protegida por SPDA	
P _A	$P_A = P_{TA} \times P_B$	1,00 E+00

Quantidade de perda L _A		
r _t	Tipo da superfície do solo ou piso	1,00 E-03
	Marmore, cerâmica	
L _T	Vítimas feridas por choque elétrico	1,00 E-02
	Todos os tipos	
n _z	Número de pessoas na zona	222
n _t	Número total de pessoas na estrutura	410
t _z	Tempo total de pessoas presentes na zona (horas/ano)	8.760 h/ano
L _A	$L_A = r_t \times L_T \times n_z / n_t \times t_z / 8760$	5,41 E-06

R _A	$R_A = N_D \times P_A \times L_A$	8,57 E-09 / ano
----------------	-----------------------------------	-----------------

➤ R_B (danos físicos causados por centelhamentos perigosos dentro da est.)

Número de eventos perigosos para a estrutura (N _D)		
(já calculado)		
N _D	$N_D = N_G \times A_D \times C_D \times 10^{-6}$	1,58 E-03 / ano

Probabilidade de uma descarga atmosférica em uma estrutura causar danos físicos (P_B)		
(já calculado)		
P_B	Estrutura não protegida por SPDA	1

Quantidade de perda L_B		
r_p	<i>Providências para redução de consequências de incêndios</i>	1
	Nenhuma providência	
r_f	<i>Risco de incêndio ou explosão na estrutura</i>	1,00 E-03
	Baixo risco de incêndio	
h_z	<i>Presença de perigo especial</i>	2
	Baixo nível de pânico (por exemplo, uma estrutura limitada a dois andares e número de pessoas não superior a 100)	
L_F	<i>Número de vítimas por danos físicos</i>	1,00 E-02
	Outros	
n_z	<i>Número de pessoas na zona</i>	222
n_t	<i>Número total de pessoas na estrutura</i>	410
t_z	<i>Tempo total de pessoas presentes na zona (horas/ano)</i>	8760
L_B	$L_B = r_p \times r_f \times h_z \times L_F \times n_z / n_t \times t_z / 8760$	1,08 E-05

R_B	$R_B = N_D \times P_B \times L_B$	1,71 E-08 / ano
-------	-----------------------------------	-----------------

➤ **R_u (ferimentos aos seres vivos, por choque elétrico - desc. na linha)**

Número de eventos perigosos por descargas na linha (N _L)				
N _G	Densidade de descargas atmosféricas para a terra			0,42 desc/km²/ano
	http://www.inpe.br/webelat/homepage/			
C _E	Fator ambiental (para todas as linhas)			0,1
	Urbano			
Linha	Tipo	A. exposição / Instalação / Tipo		Parâmetros
1	Energia	A _{L1}	A. de exposição equivalente da linha	1.000,00 m²
Descrição		C _{I1}	Enterrado	0,50
Linha de Energia		C _{T1}	Linha de energia ou sinal	1,00
2	Sinal	A _{L2}	A. de exposição equivalente da linha	1.600,00 m²
Descrição		C _{I2}	Enterrado	0,50
Linha de Sinal		C _{T2}	Linha de energia ou sinal	1,00

Número de eventos perigosos por descargas na linha (N_L)				
N_L	Linha	Tipo	Equação A.8	N_L
	1	Energia	$N_{L1} = N_G \times A_{L1} \times C_{T1} \times C_{E1} \times C_{T1} \times 10^{-6}$	2,10 E-05
	2	Sinal	$N_{L2} = N_G \times A_{L2} \times C_{T2} \times C_{E2} \times C_{T2} \times 10^{-6}$	3,36 E-05

Número de eventos perigosos para uma estrutura adjacente (N_{DJ})				
N_G	Densidade de descargas atmosféricas para a terra			0,42 desc/km²/ano
	http://www.inpe.br/webelat/homepage/			
Linha	Tipo	Estrutura adjacente / Localização / Tipo		Parâmetros
1	Energia	A_{DJ1}	SUBESTAÇÃO	2.399,22 m²
Descrição		C_{DJ1}	Cerc. por objetos da mesma altura ou mais baixos	0,50
Linha de Energia		C_{T1}	Linha de energia ou sinal	1,00
2	Sinal	A_{DJ2}	ARMÁRIO TELECON	14,02 m²
Descrição		C_{DJ2}	Cercada por objetos mais altos	0,25
Linha de Sinal		C_{T2}	Linha de energia ou sinal	1,00

Número de eventos perigosos para uma estrutura adjacente (N_{DJ})				
N_{DJ}	Linha	Tipo	Equação A.5	N_{DJ}
	1	Energia	$N_{DJ1} = N_G \times A_{DJ1} \times C_{DJ1} \times C_{T1} \times 10^{-6}$	5,04 E-04
	2	Sinal	$N_{DJ2} = N_G \times A_{DJ2} \times C_{DJ2} \times C_{T2} \times 10^{-6}$	1,47 E-06

Probabilidade de uma descarga atmosférica em uma linha causar ferimentos a seres vivos por choque elétrico (P _U)					
P _{TU}	Medidas de proteção contra tensões de toque			1	
	Nenhuma medida de proteção				
P _{EB}	DPS's na entrada de linha (ligações equipotenciais)			1	
	Sem DPS				
Linha	Tipo	Tipo de linha / U _w / Blindagem		Parâmetros	
1	Energia	Enterrada não blindada / Indefinida		C _{LD1}	1
Descrição		U _{w1}	2,5 kV	P _{LD1}	1,00
Linha de Energia		R _{S1}	Sem blindagem		
2	Sinal	Enterrada não blindada / Indefinida		C _{LD2}	1
Descrição		U _{w2}	1,5 kV	P _{LD2}	1,00
Linha de Sinal		R _{S2}	Sem blindagem		

Probabilidade de uma descarga atmosférica em uma linha causar ferimentos a seres vivos por choque elétrico (P_U)				
P_U	Linha	Tipo	Equação B.8	P_U
	1	Energia	$P_{U1} = P_{TU} \times P_{EB} \times P_{LD1} \times C_{LD1}$	1,00 E+00
	2	Sinal	$P_{U2} = P_{TU} \times P_{EB} \times P_{LD2} \times C_{LD2}$	1,00 E+00

Quantidade de perda L_U		
(já calculado)		
L_U	$L_U = L_A = r_t \times L_T \times n_z / n_t \times t_z / 8760$	5,41 E-06

Risco R_U de ferimentos aos seres vivos, causados por choque elétrico por descargas nas linhas conectadas				
R_U	<i>Linha</i>	<i>Tipo</i>	<i>Equação 10</i>	R_U
	1	Energia	$R_{U1} = (N_{L1} + N_{DJ1}) \times P_{U1} \times L_U$	2,84 E-09 / ano
	2	Sinal	$R_{U2} = (N_{L2} + N_{DJ2}) \times P_{U2} \times L_U$	1,90 E-10 / ano
R_U	$R_U = R_{U1} + R_{U2} + R_{U3} + \dots$			3,03 E-09 / ano

➤ **R_V (danos físicos causados por centelhamentos - descargas nas linhas)**

Número de eventos perigosos por descargas na linha (N_L)				
(já calculado)				
N_L	<i>Linha</i>	<i>Tipo</i>	<i>Equação A.8</i>	N_L
	1	Energia	$N_{L1} = N_0 \times A_{L1} \times C_{T1} \times C_{E1} \times C_{T1} \times 10^{-6}$	2,10 E-05
	2	Sinal	$N_{L2} = N_0 \times A_{L2} \times C_{T2} \times C_{E2} \times C_{T2} \times 10^{-6}$	3,36 E-05

Número de eventos perigosos para uma estrutura adjacente (N_{DJ})				
(já calculado)				
N_{DJ}	<i>Linha</i>	<i>Tipo</i>	<i>Equação A.5</i>	N_{DJ}
	1	Energia	$N_{DJ1} = N_0 \times A_{DJ1} \times C_{DJ1} \times C_{T1} \times 10^{-6}$	5,04 E-04
	2	Sinal	$N_{DJ2} = N_0 \times A_{DJ2} \times C_{DJ2} \times C_{T2} \times 10^{-6}$	1,47 E-06

Probabilidade de uma descarga atmosférica em uma linha causar danos físicos (P _v)					
P _{EB}	DPS's na entrada de linha (ligações equipotenciais)			1	
	Sem DPS				
Linha	Tipo	Tipo de linha / U _w / Blindagem		Parâmetros	
1	Energia	Enterrada não blindada / Indefinida		C _{LD1}	1
Descrição		U _{w1}	2,5 kV	P _{LD1}	1,00
Linha de Energia		R _{S1}	Sem blindagem		
2	Sinal	Enterrada não blindada / Indefinida		C _{LD2}	1
Descrição		U _{w2}	1,5 kV	P _{LD2}	1,00
Linha de Sinal		R _{S2}	Sem blindagem		

Probabilidade de uma descarga atmosférica em uma linha causar danos físicos (P_V)				
P_V	<i>Linha</i>	<i>Tipo</i>	<i>Equação B.9</i>	P_V
	1	Energia	$P_{V1} = P_{EB} \times P_{LD1} \times C_{LD1}$	1,00 E+00
	2	Sinal	$P_{V2} = P_{EB} \times P_{LD2} \times C_{LD2}$	1,00 E+00

Quantidade de perda L_V		
(já calculado)		
L_V	$L_V = L_B = r_p \times r_f \times h_z \times L_F \times n_z / n_t \times t_z / 8760$	1,08 E-05

Risco R_V de danos físicos centelhamentos perigosos por descargas nas linhas conectadas				
R_V	<i>Linha</i>	<i>Tipo</i>	<i>Equação 11</i>	R_V
	1	Energia	$R_{V1} = (N_{L1} + N_{D1}) \times P_{V1} \times L_V$	5,68 E-09 / ano
	2	Sinal	$R_{V2} = (N_{L2} + N_{D2}) \times P_{V2} \times L_V$	3,80 E-10 / ano

R_V	$R_V = R_{V1} + R_{V2} + R_{V3} + \dots$	6,06 E-09 / ano
-------	--	-----------------

A estrutura não possui risco de explosão, não é um hospital com equipamentos elétricos para salvar vidas ou a falha de seus sistemas internos não porá em risco a vida humana. Dessa forma, o valor do risco R_1 é dado por:

$R_1 = R_A + R_B + R_U + R_V$	3,48 E-08 / ano
-------------------------------	-----------------

7- GERENCIAMENTO DE RISCO – RISCOS CALCULADOS**➤ R1: Perda De Vida Humana (Incluindo Ferimentos Permanentes)**

Zona: CIRCULAÇÃO INTERNA		(valores x 10 ⁻⁵)	
S1: Descargas na estrutura		S3: Descargas nas linhas	
R _A	0,000	R _U	-
R _B	-	R _V	-
R _C	-	R _W	-
S2: Descargas próx. à estrutura		S4: Descargas próx. às linhas	
R _M	-	R _Z	-
Total: CIRCULAÇÃO INTERNA			0,000

Zona: BLOCO ADMINISTRATIVO		(valores x 10 ⁻⁵)	
S1: Descargas na estrutura		S3: Descargas nas linhas	
R _A	0,000	R _U	0,000
R _B	0,000	R _V	0,000
R _C	-	R _W	-
S2: Descargas próx. à estrutura		S4: Descargas próx. às linhas	
R _M	-	R _Z	-
Total: BLOCO ADMINISTRATIVO			0,001

Zona: CENTRO DE DISTRIBUIÇÃO		(valores x 10 ⁻⁵)	
S1: Descargas na estrutura		S3: Descargas nas linhas	
R _A	0,000	R _U	0,000
R _B	0,000	R _V	0,000
R _C	-	R _W	-
S2: Descargas próx. à estrutura		S4: Descargas próx. às linhas	
R _M	-	R _Z	-
Total: CENTRO DE DISTRIBUIÇÃO			0,000

Zona: COMPLEXO ESPORTIVO		(valores x 10 ⁻⁵)	
S1: Descargas na estrutura		S3: Descargas nas linhas	
R _A	0,001	R _U	0,000
R _B	0,002	R _V	0,001
R _C	-	R _W	-
S2: Descargas próx. à estrutura		S4: Descargas próx. às linhas	
R _M	-	R _Z	-
Total: COMPLEXO ESPORTIVO			0,003

RISCO TOTAL (todas as zonas)		(valores x 10 ⁻⁵)	
S1: Descargas na estrutura		S3: Descargas nas linhas	
R _A	0,002	R _U	0,001
R _B	0,002	R _V	0,001
R _C	-	R _W	-
S2: Descargas próx. à estrutura		S4: Descargas próx. às linhas	
R _M	-	R _Z	-
TOTAL DE R1:			0,005

➤ **R1: Resumo dos Riscos Calculados**

R1: RISCO DE PERDA DE VIDAS HUMANAS (INCLUINDO FERIMENTOS PERMANENTES)								(valores x 10 ⁻⁵)	
	R _A	R _B	R _C	R _M	R _U	R _V	R _W	R _Z	TOTAL DE R1 NA ZONA
ZONA 01 CIRCULAÇÃO INTERNA	0,0000	-	-	-	-	-	-	-	0,000
ZONA 02 BLOCO ADMINISTRATIVO	0,0004	0,0004	-	-	0,0001	0,0001	-	-	0,0011
ZONA 03 CENTRO DISTRIBUIÇÃO	0,0001	0,0001	-	-	0,0001	0,0001	-	-	0,0004
ZONA 04 COMPLEXO ESPORTIVO	0,0009	0,0017	-	-	0,0003	0,0006	-	-	0,0035
TOTAL DO SUB RISCO NA ESTRUTURA	0,0015	0,0022	-	-	0,0005	0,0008	-	-	0,0051
R1 =	0,0051 x 10⁻⁵		RISCO TOLERÁVEL		1 x 10⁻⁵	O risco R1 calculado é inferior ao risco tolerável, de acordo com a Tabela 4 / NBR 5419-2:2015			

8- CONCLUSÃO

Diante dos cálculos e considerações apresentadas conclui-se que a instalação do Sistema de Proteção contra Descargas Atmosféricas não é obrigatória no 5º Batalhão de Polícia Militar. Sendo assim, fica facultada a instalação de tal sistema na edificação, uma vez que os riscos calculados são menores que os tolerados em norma.

No entanto, para a cobertura do Complexo Esportivo, por se tratar de metálica, foi elaborado um projeto para reforçar a proteção da estrutura.

Ciente do resultado da análise e das considerações, o proprietário decide pela NÃO instalação do PDA exceto, cobertura do Complexo Esportivo.

Aracaju, 30 de outubro de 2023


Bruno Rocha dos Santos
 Téc. Eletrotécnico
 CRT 02167625537

TEC. ELETROTÉCNICO
BRUNO ROCHA DOS SANTOS
RNP: 02167625537