

RELATÓRIO DE ANÁLISE DE RISCO – SISTEMA DE PROTEÇÃO CONTRA DESCARGAS ATMOSFÉRICAS (SPDA)

GINÁSIO CMEB HONÓRIO NUNES JESUS

ARACRUZ - ES

MAIO DE 2017

SUMÁRIO

1	OBJETIVO.....	2
2	CARACTERÍSTICAS E DADOS RELEVANTES.....	2
3	DEFINIÇÃO DAS ZONAS DA ESTRUTURA	4
4	CÁLCULO DAS QUANTIDADES RELEVANTES	6
5	PARÂMETROS RESULTANTES.....	7
6	CÁLCULO DO RISCO R1.....	8
7	CÁLCULO DO RISCO R4.....	8
8	CONCLUSÃO	9

1 OBJETIVO

O presente documento tem por finalidade avaliar o risco e, consequentemente, a necessidade de construção do Sistema de Proteção Contra Descargas Atmosféricas (SPDA), conforme Parte 2 da norma NBR 5419/2015.

Perda de vida humana (L1) e perda econômica (L4) são relevantes para este tipo de estrutura e são requisitos para avaliação da necessidade de proteção. Isto implica a determinação de somente o risco R1 para perda de vida humana (L1) com os componentes de risco Ra, Rb, Ru e Rv e compará-los com o risco tolerável $R_t=10^{-5}$, assim como na análise do investimento em medidas de proteção a partir da determinação do risco R4 para perda de valor econômico (L4).

2 CARACTERÍSTICAS E DADOS RELEVANTES

A densidade de descargas atmosféricas para a terra $N_g = 3,6$ descargas atmosféricas por quilômetro quadrado por ano.



Figura 1 – Densidade de descargas atmosféricas para a terra (N_g)

Os demais dados da edificação e sua vizinhança são dados na Tabela 1.

Tabela 1 – Características da estrutura e do meio ambiente

Características da Estrutura e Meio Ambiente				
Parâmetros de entrada	Comentário	Símbolo	Valor	Referência
Densidade de descargas atmosféricas para a terra [1/km ² x ano]	http://www.inpe.br/webelat/ABNT_NBR5419_Ng/	N _G	3,6	
Dimensões da estrutura [m]		L, W, H	; ;	
Área equivalente (estrutura complexa) [m ²]		A _D	5.795,00	
Fator de localização da estrutura	Estrutura isolada: nenhum objeto nas vizinhanças	C _D	1	Tabela A.1
SPDA	Estrutura não protegida por SPDA	P _B	1	Tabela B.2
Ligação equipotencial - Linha Energia	Sem DPS	P _{EB/P}	1	Tabela B.7
Ligação equipotencial - Linha Sinal	Sem DPS	P _{EB/T}	1	Tabela B.7
Blindagem espacial externa	Nenhuma	K _{S1}	1	Equação (B.5)
Número total de pessoas		n _t	1500	-
Valor total da estrutura (incluindo todas as zonas)		c _t	2.000.000,00	-

Por se tratar de estrutura complexa, a área de exposição equivalente (Ad), definida pela intersecção entre a superfície do solo com uma linha reta de inclinação 1 para 3 a qual passa pelas partes mais altas da estrutura (tocando-a nestes pontos) e rotacionando ao redor dela, foi definida graficamente.

A população total foi definida conforme NT10 partes 1 e 3 do CBMES, adotando-se a classificação da edificação como grupo F-3.

Apesar de terem sido previstos DPSs no projeto elétrico do ginásio, esses foram desconsiderados, para fins de análise de risco. Apesar de haver estruturas próximas à edificação (inclusive o castelo d'água), considerou-se a estrutura como isolada, ou seja, sem objetos na vizinhança. Tais decisões aumentam a margem de segurança da análise.

Os dados da linha de energia que adentra a edificação e suas conexões com os sistemas internos são dados na Tabela 2. A alimentação elétrica do ginásio é proveniente do quadro geral de baixa tensão da escola, o que demandou a instalação de linha elétrica enterrada com comprimento inferior a 120m. Considerou-se ainda a área da escola como área da estrutura adjacente, apesar da edificação possuir SPDA externo.

Não há sinha de sinal/telecomunicações adentrando o ginásio.

Tabela 2 – Linha de energia

Linha de energia				
Parâmetros de entrada	Comentário	Símbolo	Valor	Referência
Comprimento [m]		L_L	120	
Fator de instalação	Enterrada	C_I	0,5	Tabela A.2
Fator tipo da linha	Linha de energia ou sinal	C_T	1	Tabela A.3
Fator ambiental	Suburbano	C_E	0,5	Tabela A.4
Tipo de linha externa	Linha enterrada não blindada	C_{LD}	1	Tabela B.4
Conexão na entrada	Indefinida	C_{LI}	1	Tabela B.4
Blindagem da linha [Ω/km]	Linha aérea ou enterrada, não blindada ou com a blindagem não interligada ao mesmo barramento de equipotencialização do equipamento	R_S		Tabela B.8
Estrutura adjacente		L_j, W_j, H_j	86 ; 17,5 ; 3,5	
Fator de localização da estrutura adjacente	Estrutura isolada: nenhum objeto nas vizinhanças	C_{DJ}	1	Tabela A.1
Tensão suportável do sistema interno [kV]		U_W	2,5	
	Parâmetros resultantes	K_{S4}	0,40	Equação (B.7)
		P_{LD}	1	Tabela B.8
		P_{LI}	0,3	Tabela B.9

3 DEFINIÇÃO DAS ZONAS DA ESTRUTURA

Para a estrutura analisada, as seguintes zonas são definidas:

Z1 (zona interna à edificação);

Z2 (zona externa à edificação).

Levando em conta que:

- o tipo de piso é diferente na área externa e dentro da estrutura, porém, considerou-se o tipo de piso mais crítico, para ambas as zonas;
- o risco de incêndio é distinto entre as zonas;
- há sistemas internos conectados à energia;
- o número de pessoas é distinto entre as zonas.

As características resultantes das zonas Z1 e Z2 são dadas na Tabela 3 e Tabela 4, respectivamente.

Tabela 3 – Fatores válidos para Zona Z1

Parâmetros de entrada		Comentário	Símbolo	Valor	Referência
Tipo de piso		Agricultura, concreto	r_t	1,00E-02	Tabela C.3
Proteção contra choque (descarga atmosférica na estrutura)		Nenhuma medida de proteção	P_{TA}	1	Tabela B.1
Proteção contra choque (descarga atmosférica na linha)		Nenhuma medida de proteção	P_{TU}	1	Tabela B.1
Risco de explosão		Nenhum	r_f	0	Tabela C.5
Risco de incêndio		Baixo	r_f	0,001	Tabela C.5
Proteção contra incêndio		Uma das seguintes providências: extintores, instalações fixas operadas manualmente, instalações de alarme manuais, hidrantes, compartimentos à prova de fogo, rotas de escape	r_p	0,5	Tabela C.4
Blindagem espacial interna	Nenhuma		K_{S2}	1	Equação (B.6)
Energia	Fiação interna	Cabo não blindado - sem preocupação no roteamento no sentido de evitar laços	K_{S3}	1	Tabela B.5
	DPS coordenados	Nenhum sistema de DPS coordenado	P_{SPD}	1	Tabela B.3
Telecom	Fiação interna	Cabo não blindado - sem preocupação no roteamento no sentido de evitar laços	K_{S3}	1	Tabela B.5
	DPS coordenados	Nenhum sistema de DPS coordenado	P_{SPD}	1	Tabela B.3
L1: perda de vida humana	Perigo especial:	Dificuldade de evacuação	h_z	5	Tabela C.6
	D1: devido à tensão de toque e passo	Todos os tipos	L_T	0,01	Tabela C.2
	D2: devido a danos físicos	Hospital, hotel, escola, edifício cívico	L_F	0,1	
	D3: devido a falhas de sistemas internos		L_O	0	
Número de pessoas na zona			n_z	1490	-
Tempo da presença das pessoas na zona [hxano]			t_z	2400	-
L4: perda de valor econômico	D1: devido à tensão de toque e passo		L_T	0	Tabela C.12
	D2: devido a danos físicos	Hotel, escola, escritório, igreja, entretenimento público, comercial	L_F	0,2	
	D3: devido a falhas de sistemas internos	Museu, agricultura, escola, igreja, entretenimento público	L_O	0,001	

Matriz:

Av. Moacyr Saudino, nº 271, 3º Andar
Centro – Alfredo Chaves – ES

Filial:

Rua Construtor Sebastião Soares de Souza, nº 70, Ed. SN Office
Tower, 4º andar, sala 401, Praia da Costa – Vila Velha – ES

Tabela 4 – Fatores válidos para Zona Z2

Parâmetros de entrada		Comentário	Símbolo	Valor	Referência
Tipo de piso		Agricultura, concreto	r_t	1,00E-02	Tabela C.3
Proteção contra choque (descarga atmosférica na estrutura)		Nenhuma medida de proteção	P_{TA}	1	Tabela B.1
Proteção contra choque (descarga atmosférica na linha)		Nenhuma medida de proteção	P_{TU}	1	Tabela B.1
Risco de explosão		Nenhum	r_f	0	Tabela C.5
Risco de incêndio		Nenhum	r_f	0	Tabela C.5
Proteção contra incêndio		Nenhuma providência	r_p	1	Tabela C.4
Blindagem espacial interna			K_{S2}		Equação (B.6)
Energia	Fiação interna		K_{S3}		Tabela B.5
	DPS coordenados		P_{SPD}		Tabela B.3
Telecom	Fiação interna		K_{S3}		Tabela B.5
	DPS coordenados		P_{SPD}		Tabela B.3
L1: perda de vida humana	Perigo especial:	Sem perigo especial	h_z	1	Tabela C.6
	D1: devido à tensão de toque e passo	Todos os tipos	L_T	0,01	Tabela C.2
	D2: devido a danos físicos	Hospital, hotel, escola, edifício cívico	L_F	0,1	
	D3: devido a falhas de sistemas internos		L_O	0	
Número de pessoas na zona			n_z	10	-
Tempo da presença das pessoas na zona [hxano]			t_z	2400	-

4 CÁLCULO DAS QUANTIDADES RELEVANTES

Cálculos são dados na Tabela 5 para as áreas de exposição equivalentes e na Tabela 6 para o número de eventos perigosos esperados.

Tabela 5 – Áreas de exposição equivalentes da estrutura e das linhas

	Símbolo	Resultado [m²]	Referência	Equação
Estrutura	A_D	5,80E+03	Equação (A.2)	$A_D = L \times W + 2 \times (3 \times H) \times (L + W) + \pi \times (3 \times H)^2$
	A_M	7,85E+05	Equação (A.7)	$A_M = 2 \times 500 \times (L + W) + \pi \times 500^2$
Linha de energia	$A_{L/P}$	4,80E+03	Equação (A.9)	$A_{L/P} = 40 \times L_L$
	$A_{I/P}$	4,80E+05	Equação (A.11)	$A_{I/P} = 4000 \times L_L$
	$A_{DJ/P}$	4,02E+03	Equação (A.2)	$A_{DJ/P} = L \times W + 2 \times (3 \times H) \times (L + W) + \pi \times (3 \times H)^2$
Linha telecom	$A_{L/T}$	0,00E+00	Equação (A.9)	$A_{L/T} = 40 \times L_L$
	$A_{I/T}$	0,00E+00	Equação (A.11)	$A_{I/T} = 4000 \times L_L$
	$A_{DJ/T}$	0,00E+00	Equação (A.2)	$A_{DJ/T} = L \times W + 2 \times (3 \times H) \times (L + W) + \pi \times (3 \times H)^2$

Tabela 6 – Número anual de eventos perigosos esperados

	Símbolo	Resultado [m²]	Referência	Equação
Estrutura	N_D	2,09E-02	Equação (A.4)	$N_D = N_G \times A_D \times C_D \times 1,00E-06$
	N_M	2,83E+00	Equação (A.6)	$N_M = N_G \times A_M \times 1,00E-06$
Linha de energia	$N_{L/P}$	4,32E-03	Equação (A.8)	$N_{L/P} = N_G \times A_{L/P} \times C_{I/P} \times C_{E/P} \times C_{T/P} \times 1,00E-06$
	$N_{I/P}$	4,32E-01	Equação (A.10)	$N_{I/P} = N_G \times A_{I/P} \times C_{I/P} \times C_{E/P} \times C_{T/P} \times 1,00E-06$
	$N_{D/I/P}$	1,45E-02	Equação (A.5)	$N_{D/I/P} = N_G \times A_{D/I/P} \times C_{D/I/P} \times C_{T/P} \times 1,00E-06$
Linha telecom	$N_{L/T}$	0,00E+00	Equação (A.8)	$N_{L/T} = N_G \times A_{L/T} \times C_{I/T} \times C_{E/T} \times C_{T/T} \times 1,00E-06$
	$N_{I/T}$	0,00E+00	Equação (A.10)	$N_{I/T} = N_G \times A_{I/T} \times C_{I/T} \times C_{E/T} \times C_{T/T} \times 1,00E-06$
	$N_{D/I/T}$	0,00E+00	Equação (A.5)	$N_{D/I/T} = N_G \times A_{D/I/T} \times C_{D/I/T} \times C_{T/T} \times 1,00E-06$

5 PARÂMETROS RESULTANTES

Os parâmetros resultantes dos dados apresentados, os quais foram utilizados para cálculo dos riscos estão apresentados nas Tabelas 7 a 9, a seguir.

Tabela 7 – Parâmetros resultantes para cálculo de R1 da Z1

Parâmetros resultantes	L_A	2,72E-05	Equação (C.1)
	L_U	2,72E-05	Equação (C.2)
	$L_B = L_V$	6,80E-05	Equação (C.3)
	$L_C = L_M = L_W = L_Z$	0,00E+00	Equação (C.4)

Tabela 8 – Parâmetros resultantes para cálculo de R4 da Z1

Parâmetros resultantes	L_A	0,00E+00	Equação (C.10)
	L_U	0,00E+00	Equação (C.11)
	$L_B = L_V$	1,06E-04	Equação (C.12)
	$L_C = L_M = L_W = L_Z$	1,00E-05	Equação (C.13)

Tabela 9 – Parâmetros Resultantes para cálculo de R1 da Z2

Parâmetros resultantes	L_A	1,83E-07	Equação (C.1)
	L_U	1,83E-07	Equação (C.2)
	$L_B = L_V$	0,00E+00	Equação (C.3)
	$L_C = L_M = L_W = L_Z$	0,00E+00	Equação (C.4)

6 CÁLCULO DO RISCO R1

Tabela 10 – Risco R1 (valores x 10⁻⁵)

Tipo de Danos	Símbolo	Z1	Z2	Estrutura
D1 Ferimentos a seres vivos devido a choque elétrico	$R_A = N_D \times P_A \times L_A$	0,0568	0,0004	0,0572
	$R_U = (N_L + N_{DJ}) \times P_U \times L_U$	0,0512	0,0003	0,0515
D2 Danos físicos	$R_B = N_D \times P_B \times L_B$	0,1419	0,0000	0,1419
	$R_V = (N_L + N_{DJ}) \times P_V \times L_V$	0,1280	0,0000	0,1280
D3 Falha de sistemas eletroeletrônicos	$R_C = N_D \times P_C \times L_C$	0,0000	0,0000	0,0000
	$R_M = N_M \times P_M \times L_M$	0,0000	0,0000	0,0000
	$R_W = (N_L + N_{DJ}) \times P_W \times L_W$	0,0000	0,0000	0,0000
	$R_Z = N_I \times P_Z \times L_Z$	0,0000	0,0000	0,0000
Total		0,3779	0,0007	0,3786
Tolerável		R1 < RT: a estrutura está protegida para este tipo de perda		1,0000

Conforme apresentado na Tabela 10, o risco R1 apresenta valor inferior ao limite estabelecido pela ABNT NBR 5419:2015, portanto, do ponto de vista de risco à vida humana, não é necessária a adoção de medidas de proteção contra descargas atmosféricas.

É importante destacar novamente que a escola já possui ligação equipotencial da linha de energia na entrada dessa na edificação, a qual se estabelece através dos DPS instalados no QDG projetado, o qual foi desconsiderado nos cálculos do risco.

7 CÁLCULO DO RISCO R4

A Tabela 11 a seguir apresenta os valores estimados da edificação, seu conteúdo e sistemas internos adotados para cálculo da análise financeira da instalação de sistema de proteção contra descargas atmosféricas.

Tabela 11 - Valores

Valor dos animais na zona	C_a	
Valor da edificação relevante à zona	C_b	2.000.000,00
Valor do conteúdo da zona	C_c	100.000,00
Valor dos sistemas internos incluindo suas atividades na zona	C_s	20.000,00
Valor total da estrutura (incluindo todas as zonas)	C_t	2.000.000,00

Ainda que já existam DPSs instalados no QDG, a análise comparativa entre os possíveis danos da estrutura desprotegida e da estrutura protegida considerou a influência desses somente para o caso da estrutura protegida. Foi considerada, para fins de análise, a instalação de SPDA classe IV. Cabe destacar que o sistema atualmente proposto no projeto padrão do FNDE nem mesmo atende aos requisitos dessa classe, cujas exigências são as menos restritivas.

O valor estimado para instalação do sistema proposto foi da ordem de R\$ 5.000,00. A Tabela 12 apresenta a comparação dos custos das perdas entre a estrutura desprotegida e da estrutura protegida a partir de um sistema de SPDA Classe IV e as demais os parâmetros financeiros adotados e a economia anual obtida.

Tabela 12 – Cálculo dos custos das perdas

Proteção	Z1	Z2	Estrutura	Custo das Perdas [R\$]
Não protegida	0,0104	0,0000	0,0104	20,80
Protegida	0,0067	0,0000	0,0067	13,36

Tabela 13 – Parâmetros financeiros

Taxa	Símbolo	Valor
Juros	i	10,00%
Amortização	a	5,00%
Manutenção	m	1,00%

Tabela 14 – Cálculo do custo anual das medidas de proteção

Medida de Proteção	Custo CP [R\$]	Custo anual C_{PM} $= C_p (i + a + m)$
SPDA Classe IV	5.000,00	800,00

Tabela 15 – Cálculo da economia anual

	Símbolo	Solução [R\$]
Perdas para estrutura não protegida	C_L	20,80
Perda residual para estrutura protegida	C_{RL}	13,36
Custo anual da proteção	C_{PM}	800,00
Economia anual $S_M = C_L - (C_{RL} + C_{PM})$	S_M	-792,56

Uma vez que a economia anual é inferior a 0, do ponto de vista econômico/financeiro, a instalação de qualquer sistema de proteção contra descargas atmosféricas não é justificável.

8 CONCLUSÃO

Conforme apresentado neste memorial de cálculo, o risco R1 (perda de vida humana) já apresenta valores toleráveis, mesmo tendo os cálculos sido realizados desconsiderando-se a existência da ligação equipotencial prevista no projeto elétrico no QDG, assim, conforme parâmetros da NBR 5419:2015, a instalação de SPDA não é obrigatória.

Quanto à análise do retorno do investimento previsto com a adoção de medidas de proteção, esse também apresenta valor negativo, ou seja, o investimento na adoção de medidas de proteção contra descargas atmosféricas não é justificável do ponto de vista financeiro.

Portanto, cabe à PMA decidir por instalar sistema de proteção contra descargas atmosféricas no ginásio que será implantado na CMEB Honório Nunes Jesus, contudo, caso a decisão seja a instalação do sistema, sugerimos que esse seja adequado à norma ABNT NBR 5419:2015, uma vez que o sistema proposto no projeto padrão do FNDE não atende aos atuais requisitos de norma.



Vitor B. S. Varejão
Engenheiro Eletricista
CREA ES 17642/D