



GOVERNO DO ESTADO
RIO GRANDE DO SUL

SECRETARIA DE SISTEMAS
PENAL E SOCIOEDUCATIVO

DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA E ARQUITETURA PENAL E SOCIOEDUCATIVA

RELATÓRIO DE ANÁLISE E GERENCIAMENTO DE RISCO CONTRA DESCARGAS ATMOSFÉRICAS

1. OBJETIVO

Este documento descreve a análise e gerenciamento de risco contra descargas atmosféricas no entorno da edificação do Módulo Feminino da Brigada Militar da Penitenciária Modulada de Uruguaiana (PMEU).

2. DADOS DA EDIFICAÇÃO

- Estabelecimento: Módulo Feminino da Brigada Militar da Penitenciária Modulada de Uruguaiana (PMEU)
- Endereço da obra: BR 472 – km 07, acesso à Barra do Quaraí

3. RESPONSABILIDADE TÉCNICA DO GERENCIAMENTO DE RISCO

- Responsável Técnico: Gederson Alvaro da Cruz
- CREA: RS236589

4. METODOLOGIA

A metodologia aplicada para a análise e gerenciamento de risco contra descargas atmosféricas descrita neste relatório está definida na NBR 5419-2:2015.

5. PREMISSAS

A estimativa do número de pessoas para a Zona 1 foi realizada com base no número de pessoas que podem estar localizadas na área externa durante a ocorrência de descargas atmosféricas.

A estimativa do número de pessoas para a Zona Z2 foi realizada com base nas informações do memorial justificativo do projeto arquitetônico, datado de 18 de setembro de 2023, elaborado por este Departamento de Engenharia e Arquitetura Penal e Socioeducativa (DEAPS/SSPS), que indica a criação de 53 novas vagas para as pessoas privadas de liberdade,



GOVERNO DO ESTADO
RIO GRANDE DO SUL

SECRETARIA DE SISTEMAS
PENAL E SOCIOEDUCATIVO

DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA E ARQUITETURA PENAL E SOCIOEDUCATIVA

e com base na Resolução nº09 elaborada pelo Ministério da Justiça, que indica a necessidade de 1 agente penitenciário para cada 5 pessoas privadas de liberdade.

Além disso, vale destacar que a estimativa do número de pessoas para a Zona Z2 está sendo realizada de acordo com a capacidade de engenharia das celas. Em outras palavras, a estimativa do número de pessoas para a Zona Z2 não considerou casos de superlotação das celas, pois entende-se que essa situação não deve ocorrer.

A carga de incêndio do local foi definida de acordo com o Decreto Nº 51803 de 10 de setembro de 2014 que estabelece uma carga de incêndio de 750MJ/m² para locais com restrição de liberdade, tais como prisões em geral (casa de detenção, penitenciárias e presídios).

A alimentação de energia elétrica do Módulo Feminino da Brigada Militar da Penitenciária Modulada de Uruguaiana será realizada por meio um alimentador de baixa tensão subterrâneo com origem na subestação de energia da Penitenciária Modulada de Uruguaiana (PMU), conforme projeto das instalações elétricas de baixa tensão.

A alimentação das linhas de sinais do Módulo Feminino da Brigada Militar da Penitenciária Modulada de Uruguaiana não possui projeto específico. Desse modo, esta análise de risco foi elaborada considerando as premissas indicadas pela NBR5419-2 nessa situação. Para a medida de comprimento de linha de sinal foi considerado a seção entre o prédio administrativo e o módulo feminino cujas localizações podem ser observadas na Figura 1.



GOVERNO DO ESTADO
RIO GRANDE DO SUL

SECRETARIA DE SISTEMAS
PENAL E SOCIOEDUCATIVO

DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA E ARQUITETURA PENAL E SOCIOEDUCATIVA



Figura 1 - Localização do Prédio Administrativo, Subestação de energia e Módulo Feminino

6. ANÁLISE E GERENCIAMENTO DE RISCO

Esta análise de risco está contemplando somente o risco de perdas ou danos permanentes em vidas humanas (R1), pois o risco de perdas de serviços ao público (R2) e o risco de perdas do patrimônio cultural (R3) não se aplicam ao estabelecimento e o risco de perdas de valor econômico (R4) não está sendo avaliado.

O Módulo Feminino da Brigada Militar foi separado em duas zonas, conforme listado:

- Zona Z1: área externa
- Zona Z2: área interna

A Tabela 1 apresenta o número de pessoas e o tempo de presença por ano estimados para cada zona.



GOVERNO DO ESTADO
RIO GRANDE DO SUL

SECRETARIA DE SISTEMAS
PENAL E SOCIOEDUCATIVO

DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA E ARQUITETURA PENAL E SOCIOEDUCATIVA

Tabela 1 - Distribuição e tempos de permanência de pessoas por zona

Zona	Número de pessoas	Tempo de presença
Zona Z1 (área externa)	5	8760
Zona Z2 (área interna)	64	8760
Total	69	-

A Tabela 2 apresenta as características ambientais e globais da estrutura.

Tabela 2 - Características ambientais e globais da estrutura

Parâmetros iniciais	Observações	Símbolo	Valor	Referência
Densidade de descargas atmosféricas para a terra (1/km ² /ano)	Densidade de descargas atmosféricas	N _G	15	Figura F.5 (NBR 5419-2)
Dimensões da estrutura (m)	Largura, Comprimento e Altura	L x W x H	43 x 18 x 6	Projeto Arquitetônico
Fator de Localização da Estrutura	Estrutura cercada por objetos da mesma altura ou mais baixos	C _D	0,5	Tabela A.1 (NBR 5419-2)
SPDA	Estrutura não protegida	P _B	1	Tabela B.2 (NBR 5419-2)
Ligação equipotencial	Sem DPS	P _{EB}	1	Tabela B.7 (NBR 5419-2)
Blindagem espacial externa	Nenhuma - valor máximo	Ks1	1	Equação (B.5) (NBR 5419-2)

A Tabela 3 apresenta as características da linha de energia que adentra a estrutura.

Tabela 3 - Características da linha de energia que adentra a estrutura

Parâmetros iniciais	Observações	Símbolo	Valor	Referência
Comprimento (m)	Rede B.T subterrânea com origem na subestação de	L _L	200	Entrada da linha energia



GOVERNO DO ESTADO
RIO GRANDE DO SUL

SECRETARIA DE SISTEMAS
PENAL E SOCIOEDUCATIVO

DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA E ARQUITETURA PENAL E SOCIOEDUCATIVA

	energia da penitenciária			
Fator de Instalação	Enterrado	C_I	0,5	Tabela A.2 (NBR 5419-2)
Fator do tipo de linha	Linha de energia	C_T	1	Tabela A.3 (NBR 5419-2)
Fator ambiental	Rural	C_E	1	Tabela A.4 (NBR 5419-2)
Blindagem da linha (Ω/km)	Linha 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	$L_J \times W_J \times H_J$	12 x 10 x 3	Cabine da subestação de energia da penitenciária
Fator de localização da estrutura adjacente	Estrutura cercada por objetos mais altos	C_{DJ}	0,25	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)

A Tabela 4 apresenta as características da linha de sinal que adentra a estrutura.

Tabela 4 - Características da linha de sinal que adentra a estrutura

Parâmetros iniciais	Observações	Símbolo	Valor	Referência
Comprimento (m)	Linha de Sinal	L_L	160	Seção de linha desconhecida – adotado 1000m – conforme estabelecido na NBR 5419-2



GOVERNO DO ESTADO
RIO GRANDE DO SUL

SECRETARIA DE SISTEMAS
PENAL E SOCIOEDUCATIVO

DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA E ARQUITETURA PENAL E SOCIOEDUCATIVA

Fator de Instalação	Aéreo	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	Rural	C_E	1	Tabela A.4 (NBR 5419-2)
Blindagem da linha (Ω/km)	Linha não blindada	R_S	1	Tabela B.8 (NBR 5419-2)
Blindagem, aterramento, isolação	Linha aérea não blindada	C_{LD}	1	Tabela B.4 (NBR 5419-2)
		C_{LI}	1	
Estrutura adjacente	Largura, Comprimento e Altura	$L_J \times W_J \times H_J$	16 x 30 x 6	-
Fator de localização da estrutura adjacente	Estrutura cercada por objetos mais altos	C_{DJ}	0,25	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}	1,0	Tabela B.8 (NBR 5419-2)
		P_{LI}	0,5	Tabela B.9 (NBR 5419-2)

A Tabela 5 apresenta as áreas de exposição equivalentes da estrutura e das linhas.

Tabela 5 - 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	3987,88
	Equação (A.7) (NBR 5419-2)	A_M	m^2	846398,16
Linha de energia	Equação (A.9) (NBR 5419-2)	$A_{L/P}$	m^2	8000,00
	Equação (A.11) (NBR 5419-2)	$A_{I/P}$	m^2	800000,00
	Equação (A.2) (NBR 5419-2)	$A_{DJ/P}$	m^2	770,47



GOVERNO DO ESTADO
RIO GRANDE DO SUL

SECRETARIA DE SISTEMAS
PENAL E SOCIOEDUCATIVO

DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA E ARQUITETURA PENAL E SOCIOEDUCATIVA

Linha de sinal	Equação (A.9) (NBR 5419-2)	$A_{L/T}$	m ²	6400,00
	Equação (A.11) (NBR 5419-2)	$A_{I/T}$	m ²	640000,00
	Equação (A.2) (NBR 5419-2)	$A_{DJ/T}$	m ²	3153,88

A Tabela 6 apresenta o número de eventos esperados para a estrutura e para as linhas.

Tabela 6 - Número de eventos esperados para a estrutura e para as linhas

Estrutura	Referência da Equação	Símbolo	Unidade	Valor
Edificação	Equação (A.4) (NBR 5419-2)	N_D	-	0,0299
	Equação (A.6) (NBR 5419-2)	N_M	-	12,6960
Linha de energia	Equação (A.8) (NBR 5419-2)	$N_{L/P}$	-	0,0600
	Equação (A.10) (NBR 5419-2)	$N_{I/P}$	-	6,0000
	Equação (A.5) (NBR 5419-2)	$N_{DJ/P}$	-	0,0029
Linha de sinal	Equação (A.8) (NBR 5419-2)	$N_{L/T}$	-	0,0960
	Equação (A.10) (NBR 5419-2)	$N_{I/T}$	-	9,6000
	Equação (A.5) (NBR 5419-2)	$N_{DJ/T}$	-	0,0118

A Tabela 7 apresenta os fatores de ponderação que incidem na Zona Z1.

Tabela 7 - Fatores de ponderação que incidem na Zona Z1

Parâmetros iniciais da estrutura	Observações	Símbolo	Zona Z1	Referência
Tipo de Piso	Agricultura/ Concreto	r_t	1,00E-02	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	Nenhum	r_f	0	Tabela C.5 (NBR 5419-2)
Proteção contra incêndio	Nenhuma	r_p	1	Tabela C.4 (NBR 5419-2)



GOVERNO DO ESTADO
RIO GRANDE DO SUL

SECRETARIA DE SISTEMAS
PENAL E SOCIOEDUCATIVO

DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA E ARQUITETURA PENAL E SOCIOEDUCATIVA

Blindagem espacial interna		Nenhuma	K_{S2}	0	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)
Sinal	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:	Sem perigo especial	hz	1	Tabela C.6 (NBR 5419-2)
	D1: devido à tensão de toque e passo	Todos os tipos	L_T	1,00E-02	Tabela C.2 (NBR 5419-2)
	D2: devido a danos físicos	Não se aplica	L_F	0	
	D3: devido a falhas de sistemas internos	não aplicável	L_O	0	
Fator para pessoas em perigo		$n_z/n_t \times t_z/8760$	-	0,072	Arquitetura

A Tabela 8 apresenta os fatores de ponderação que incidem na Zona Z2.

Tabela 8 - Fatores de ponderação que incidem na Zona Z2

Parâmetros iniciais da estrutura	Observações	Símbolo	Zona Z2	Referência
Tipo de Piso	Agricultura/ Concreto	r_t	1,00E-02	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	r_f	1,00E-02	Tabela C.5 (NBR 5419-2)
Proteção contra incêndio	Nenhuma	r_p	1	Tabela C.4 (NBR 5419-2)
Blindagem espacial interna	Nenhuma	K_{S2}	0	Equação (B.6) (NBR 5419-2)



GOVERNO DO ESTADO
RIO GRANDE DO SUL

SECRETARIA DE SISTEMAS
PENAL E SOCIOEDUCATIVO

DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA E ARQUITETURA PENAL E SOCIOEDUCATIVA

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)
Sinal	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:	Dificuldade de evacuação (pessoas privadas de liberdade)	h_z	5	Tabela C.6 (NBR 5419-2)
	D1: devido à tensão de toque e passo	Todos os tipos	L_T	1,00E-02	Tabela C.2 (NBR 5419-2)
	D2: devido a danos físicos	Hospital, hotel, escola, edifício cívico	L_F	1,00E-01	
	D3: devido a falhas de sistemas internos	não aplicável	L_O	0	
Fator para pessoas em perigo		$n_z/n_t \times t_z/8760$	-	0,928	Arquitetura

A Tabela 9 apresenta os parâmetros relevantes para avaliação dos componentes de risco.

Tabela 1 - 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		1	
P_B	-	Tabela (B.2) NBR 5419-2	1		1	
P_C	$P_C = P_{SPD} \times C_{LD}$	Equação (B.2) NBR 5419-2	1	1	1	1
P_M	$P_M = P_{SPD} \times P_{MS}$	Equação (B.3) NBR 5419-2	0	0	0	0
P_{MS}	$P_{MS} = (K_{S1} \times K_{S2} \times K_{S3} \times K_{S4})^2$	Equação (B.4) NBR 5419-2	0	0	0	0



P_U	$P_U = P_{TU} \times P_{EB} \times P_{LD} \times C_{LD}$	Equação (B.8) NBR 5419-2	1	1	1	1
P_V	$P_V = P_{EB} \times P_{LD} \times C_{LD}$	Equação (B.9) NBR 5419-2	1	1	1	1
P_W	$P_W = P_{SPD} \times P_{LD} \times C_{LD}$	Equação (B.10) NBR 5419-2	1	1	1	1
P_Z	$P_Z = P_{SPD} \times P_{LI} \times C_{LI}$	Equação (B.11) NBR 5419-2	0,3	0,5	0,3	0,5
$L_A = L_U$	$L_A = r_t \times L_T \times ((n_z/n_t) \times (t_z/8760))$	Equação (C.1) NBR 5419-2	7,25E-06		9,28E-05	
$L_B = L_V$	$L_B = r_p \times r_f \times h_z \times L_F \times ((n_z/n_t) \times (t_z/8760))$	Equação (C.3) NBR 5419-2	0,00E+00		4,64E-03	

A Tabela 10 apresenta o risco R_1 calculado sem nenhuma medida de proteção contra descargas atmosféricas.

Tabela 20 - Risco R_1 sem a adoção de medidas de proteção

Tipos de danos	Equação	Zona Z1		Zona Z2		Somatório
		Energia	Sinal	Energia	Sinal	
D1 Ferimentos devido a choque	$R_A = N_D \times P_A \times L_A$	2,17E-07		2,77E-06		2,99E-06
	$R_U = (N_L + N_{DJ}) \times P_U \times L_U$ (sinal + energia)	4,56E-07	7,81E-07	5,57E-06	8,90E-06	1,57E-05
D2 Danos Físicos	$R_B = N_D \times P_B \times L_B$	Não se aplica		1,39E-04		1,39E-04
	$R_V = (N_L + N_{DJ}) \times P_V \times L_V$ (sinal + energia)	Não se aplica	Não se aplica	2,78E-04	4,45E-04	7,23E-04
TOTAL		1,45E-06		8,79E-04		8,81E-04
Risco Tolerável		$R_1 =$	8,81E-04	$R_T =$	1,00E-5	$R_1 > R_T$
R1 maior que RT						

Dado que o risco R_1 (8,81E-04) é maior que o risco tolerável R_t (1,00E-5), a adoção de medidas de proteção contra descargas atmosféricas torna-se necessária. Além disso, de acordo com a Tabela 10, pode-se observar que as contribuições para o valor de risco R_1 são dadas por:

- R_A (Ferimentos a seres vivos – descarga atmosférica na estrutura): 0,34%
- R_U (Ferimentos a seres vivos – descarga atmosférica na linha conectada): 1,78%
- R_B (Danos físicos na estrutura – descarga atmosférica na estrutura): 15,77%



- R_V (Danos físicos na estrutura – descarga atmosférica na linha conectada): 82,06%

Para reduzir o risco R_1 a um valor tolerável, foram adotadas as seguintes medidas de proteção:

- Instalação de um Sistema de Proteção contra Descargas Atmosféricas (SPDA) de classe I (incluindo as ligações equipotenciais de descargas atmosféricas obrigatórias), que implicará na redução do valor da probabilidade P_B de 1 para o 0,02, conforme definido na Tabela B.2 da NBR 5419-2.
- Ligação equipotencial de descargas atmosféricas na entrada das linhas da estrutura com a instalação de DPS projetados para nível de proteção I, que implicará na redução do valor da probabilidade P_{EB} de 1 para 0,01, conforme definido na Tabela B.7 da NBR 5419-2.
- Para a Zona Z2, uma das seguintes providências: extintores, instalações fixas operadas manualmente, instalações de alarme manuais, hidrantes, compartimentos à prova de fogo, rotas de escape, que implicará na redução do valor do fator de redução r_p de 1 para 0,5, conforme definido na Tabela C.4 da NBR 5419-2.

A Tabela 11 apresenta o risco R_1 calculado com as medidas de proteção supracitadas.

Tabela 31 - Risco R_1 com a adoção de medidas de proteção

Tipos de danos	Equação	Zona Z1		Zona Z2		Somatório
		Energia	Sinal	Energia	Sinal	
D1 Ferimentos devido a choque	$R_A = N_D \times P_A \times L_A$	4,33E-11		5,55E-08		5,98E-08
	$R_U = (N_L + N_{DJ}) \times P_U \times L_U (\text{sinal} + \text{energia})$	4,56E-09	7,81E-09	5,57E-08	8,90E-08	1,57E-07
D2 Danos Físicos	$R_B = N_D \times P_B \times L_B$	Não se aplica		1,39E-06		1,39E-06
	$R_V = (N_L + N_{DJ}) \times P_V \times L_V (\text{sinal} + \text{energia})$	Não se aplica	Não se aplica	1,39E-06	2,23E-06	3,62E-06
TOTAL		4,33E-11		5,00E-06		5,00E-06
Risco Tolerável		$R_1 =$	5,22E-06	$R_T =$	1,00E-05	$R_1 < R_T$
R1 menor que RT						



GOVERNO DO ESTADO
RIO GRANDE DO SUL

SECRETARIA DE SISTEMAS
PENAL E SOCIOEDUCATIVO

DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA E ARQUITETURA PENAL E SOCIOEDUCATIVA

Pelo exposto, observa-se que houve a redução do risco R_1 de $8,81E-04$ para $5,22E-06$, ficando abaixo do risco tolerável R_t ($1,00E-5$). Logo, as medidas de proteção supracitadas são suficientes para a proteção contra descargas atmosféricas do Módulo Feminino da Brigada Militar da Penitenciária Modulada de Uruguaiana (PMEU).

7. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A instalação de medidas de proteção contra descargas atmosféricas é obrigatória no Módulo Feminino da Brigada Militar da Penitenciária Modulada de Uruguaiana (PMEU), conforme demonstrado neste documento.

As prescrições deste estudo não garantem uma proteção total dos riscos associados a descargas atmosféricas, pois a adoção das medidas de proteção contra descargas atmosféricas somente tem a função de reduzir esses riscos a valores abaixo dos riscos toleráveis, conforme estabelecido pela NBR5419:2015 em todas as suas partes.

Porto Alegre, 09 de outubro de 2023

Eng. Eletricista Gederson Alvaro da Cruz



Documento assinado digitalmente
GEDERSON ALVARO DA CRUZ
Data: 11/12/2023 15:49:57-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>