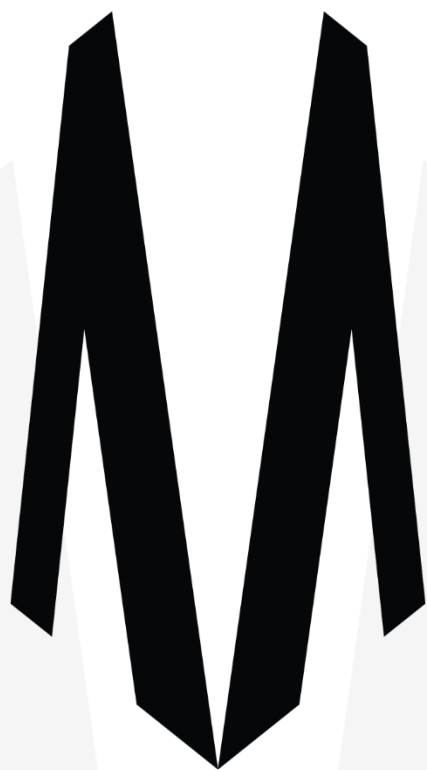




Module  
**ENGENHARIA**

**CENTRO DE COMANDO E CONTROLE**

**GERENCIAMENTO DE RISCO SPDA**

**CONTRATO N° 318/2025**  
**CONTRATO FPE n° 2025/022922**



[www.engmodule.com](http://www.engmodule.com)



11 99306-6705



Avenida Paulista, 1636 – Sala 1504 – Bela Vista, São Paulo/SP – 01310-200



[contato@engmodule.com](mailto:contato@engmodule.com)

**CNPJ**

33.482.988/0001-21

|          |            |                |       |        |        |        |
|----------|------------|----------------|-------|--------|--------|--------|
|          |            |                |       |        |        |        |
|          |            |                |       |        |        |        |
| 00       | 27/02/2026 | EMIÇÃO INICIAL | S.L   | E.C.C  | E.C.C  | E.C.C  |
| Nº       | DATA       | DESCRIÇÃO      | EXEC. | VERIF. | APROV. | COORD. |
| REVISÕES |            |                |       |        |        |        |



## **Responsável Técnico**

Sergio Daniel Sousa Santos

Engenheiro Eletricista

CREA-PI 1921157747

CREA RS Nº PI41026

ART Nº 14152490



Module  
**ENGENHARIA**

## SUMÁRIO

|                                                                                                     |           |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| <b>A. OBJETIVO</b>                                                                                  | <b>5</b>  |
| <b>B. INFORMAÇÕES DAS ESTRUTURAS</b>                                                                | <b>6</b>  |
| <b>C. NECESSIDADE DE IMPLANTAÇÃO DE UM SISTEMA DE PROTEÇÃO CONTRA DESCARGAS ATMOSFÉRICAS - SPDA</b> | <b>7</b>  |
| <b>D. CALCULO DE RISCOS</b>                                                                         | <b>8</b>  |
| 1. RISCO R1                                                                                         | 8         |
| 2. RISCO R2                                                                                         | 16        |
| <b>E. MEDIDAS DE PROTEÇÕES ADICIONAIS A SEREM IMPLEMENTADAS</b>                                     | <b>19</b> |
| 3. RISCO R1                                                                                         | 19        |
| 4. RISCO R2                                                                                         | 20        |
| <b>F. CONCLUSÃO</b>                                                                                 | <b>23</b> |





Module  
**ENGENHARIA**

## **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 de Comando e Controle).

Estrutura: Comercial.

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  $N_g \approx 10,17 \text{ km}^2/\text{ano}$  para a região, onde fica localizado **Lajeados-RS**.



Module  
**ENGENHARIA**

## **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:

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

<sup>1</sup>: 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 <sup>2</sup> /ano) | Densidade de descargas atmosféricas                          | N <sub>G</sub>  | 10,17                     | 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 <sub>D</sub>  | 1                         | <u>Tabela A.1 (NBR 5419-2)</u> |
| SPDA                                                                      | Estrutura não protegida                                      | P <sub>B</sub>  | 1                         | <u>Tabela B.2 (NBR 5419-2)</u> |
| Ligação equipotencial                                                     | Sem DPS                                                      | P <sub>EB</sub> | 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 <sub>L</sub> | 1000  | Entrada de energia |

|                                              |                               |                             |     |                                         |
|----------------------------------------------|-------------------------------|-----------------------------|-----|-----------------------------------------|
| Fator de Instalação                          | Aéreo                         | $C_i$                       | 1   | <a href="#">Tabela A.2 (NBR 5419-2)</a> |
| Fator do tipo de linha                       | Linha de energia              | $C_T$                       | 0,2 | <a href="#">Tabela A.3 (NBR 5419-2)</a> |
| Fator ambiental                              | Suburbano                     | $C_E$                       | 0,5 | <a href="#">Tabela A.4 (NBR 5419-2)</a> |
| Blindagem da linha ( $\Omega/\text{km}$ )    | Linha enterrada não blindada  | $R_s$                       | 1   | <a href="#">Tabela B.8 (NBR 5419-2)</a> |
| Blindagem, aterramento, isolamento           | Linha enterrada não blindada  | $C_{LD}$                    | 1   | <a href="#">Tabela B.4 (NBR 5419-2)</a> |
|                                              |                               | $C_{LI}$                    | 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   | <a href="#">Tabela A.1 (NBR 5419-2)</a> |
| 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   | <a href="#">Tabela B.8 (NBR 5419-2)</a> |
|                                              |                               | $P_{LI}$                    | 0,3 | <a href="#">Tabela B.9 (NBR 5419-2)</a> |

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 ( $\Omega/\text{km}$ )    | 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 <sup>2</sup> | 5,27E+03 |
|                                                            | Equação (A.7)(NBR 5419-2)  | $A_M$      | m <sup>2</sup> | 8,40E+05 |
| Linha de energia                                           | Equação (A.9)(NBR 5419-2)  | $A_{L/P}$  | m <sup>2</sup> | 4,00E+04 |
|                                                            | Equação (A.11)(NBR 5419-2) | $A_{I/P}$  | m <sup>2</sup> | 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 <sup>2</sup> | 4,00E+04 |
|                                                            | Equação (A.11)(NBR 5419-2) | $A_{I/T}$  | m <sup>2</sup> | 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)  | $N_D$      | -             | 5,36E-02 |
|                             | Equação (A.6)(NBR 5419-2)  | $N_M$      | -             | 8,54E+00 |
| Linha de energia            | Equação (A.8)(NBR 5419-2)  | $N_{L/P}$  | -             | 4,07E-02 |
|                             | Equação (A.10)(NBR 5419-2) | $N_{I/P}$  | -             | 4,07E+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)  | $N_{L/T}$  | -             | 2,03E-01 |
|                             | Equação (A.10)(NBR 5419-2) | $N_{I/T}$  | -             | 2,03E+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<br>(área externa) | Zona Z2<br>(área interna) | Referência                      |
| Tipo de Piso                                                  |                     | Agricultura/<br>Concreto | $r_t$     | -                         | 1,00E-03                  | Tabela C.3<br>(NBR 5419-2)      |
| Proteção contra choque<br>(descarga atmosférica na estrutura) |                     | Nenhuma<br>medida        | $P_{TA}$  | -                         | 1                         | Tabela B.1<br>(NBR 5419-2)      |
| Proteção contra choque<br>(descarga atmosférica na linha)     |                     | Nenhuma<br>medida        | $P_{TU}$  | -                         | 1                         | Tabela B.6<br>(NBR 5419-2)      |
| Risco de incêndio                                             |                     | Normal/<br>Normal        | $r_f$     | -                         | 1,00E-02                  | Tabela C.5<br>(NBR 5419-2)      |
| Proteção contra incêndio                                      |                     | Nenhuma                  | $r_p$     | -                         | 0,5                       | Tabela C.4<br>(NBR 5419-2)      |
| Blindagem espacial interna                                    |                     | Nenhuma                  | $K_{S2}$  | -                         | 1                         | Equação<br>(B.6)(NBR<br>5419-2) |
| Energia                                                       | Fiação interna      | Cabo não<br>blindado     | $K_{S3}$  | -                         | 1                         | Tabela B.5<br>(NBR 5419-2)      |
|                                                               | DPS<br>coordenados  | Sem DPS/<br>Sem DPS      | $P_{SPD}$ | -                         | 1                         | Tabela B.3<br>(NBR 5419-2)      |
| Telecom                                                       | Fiação interna      | Cabo não<br>blindado     | $K_{S3}$  | -                         | 1                         | Tabela B.5<br>(NBR 5419-2)      |
|                                                               | DPS<br>coordenados  | Nenhum                   | $P_{SPD}$ | -                         | 1                         | Tabela B.3<br>(NBR 5419-2)      |
| L1: Perda de<br>vida humana                                   | Perigo<br>Especial: | Baixo nível              | $h_z$     | -                         | 5                         | Tabela C.6<br>(NBR 5419-2)      |

|                                          |                           |       |   |          |                            |
|------------------------------------------|---------------------------|-------|---|----------|----------------------------|
| D1: devido à tensão de toque e passo     | Outros/<br>Outros         | $L_T$ | - | 1,00E-02 | Tabela C.2<br>(NBR 5419-2) |
| D2: devido a danos físicos               | Outros/<br>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             | $n_z/n_t \times t_z/8760$ | -     | - | 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)<br>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)<br>NBR 5419-2 | -       | -     | 1,00E+00 | 0,00E+00 |
| $P_M$                                                         | $P_M = P_{SPD} \times P_{MS}$                                   | Equação (B.3)<br>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)<br>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)<br>NBR 5419-2  | - | - | 1,00E+00 | 0,00E+00 |
| $P_V$       | $P_V = P_{EB} \times P_{LD} \times C_{LD}$                                        | Equação (B.9)<br>NBR 5419-2  | - | - | 1,00E+00 | 0,00E+00 |
| $P_W$       | $P_W = P_{SPD} \times P_{LD} \times C_{LD}$                                       | Equação (B.10)<br>NBR 5419-2 | - | - | 1,00E+00 | 0,00E+00 |
| $P_Z$       | $P_Z = P_{SPD} \times P_{LI} \times C_{LI}$                                       | Equação (B.11)<br>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)<br>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)<br>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 $RT = 1 \times 10^{-5}$ ) |                                                                        |                        |       |                         |          |           |
|------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------|------------------------|-------|-------------------------|----------|-----------|
| Tipos de danos                                                                     | Equação                                                                | Zona Z1 (área externa) |       | Zona Z2 (área interna ) |          | Somatório |
|                                                                                    |                                                                        | Energia                | Sinal | Energia                 | Sinal    |           |
| D1                                                                                 | $R_A = N_D \times P_A \times L_A$                                      | -                      |       | 5,38E-08                |          | 5,38E-08  |
| Ferimentos devido a choque                                                         | $R_U = (N_L + N_{DJ}) \times P_U \times L_U \text{ (sinal + energia)}$ | -                      | -     | 4,09E-08                | 0,00E+00 | 4,09E-08  |
| D2 Danos Físicos                                                                   | $R_B = N_D \times P_B \times L_B$                                      | -                      |       | 1,35E-05                |          | 1,35E-05  |
|                                                                                    | $R_V = (N_L + N_{DJ}) \times P_V \times L_V \text{ (sinal + energia)}$ | -                      | -     | 1,02E-05                | 0,00E+00 | 1,02E-05  |

|                                                                                                                  |   |               |           |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---|---------------|-----------|
| TOTAL                                                                                                            | - | 2,376 E-5     | 2,376 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:

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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 <sub>F2</sub> | -                      | 1,00E-01               | Tab. C.8   |
|                                  | D3: devido a falhas de sistemas internos | Serviços Essenciais | L <sub>O2</sub> | -                      | 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 <sub>B2</sub> = L <sub>V</sub>                                     | L <sub>B2</sub> = L <sub>V</sub> =<br>r <sub>p</sub> × r <sub>f</sub> × L <sub>F</sub><br>× n <sub>z</sub> / n <sub>t</sub>     | Equação (C.7)<br>NBR 5419-2 | -       |       | 5,02E-05 |       |
| L <sub>C</sub> = L <sub>M</sub> =<br>L <sub>W</sub> = L <sub>Z</sub> | L <sub>C2</sub> = L <sub>M</sub> =<br>L <sub>W</sub> = L <sub>Z</sub> =<br>L <sub>O2</sub> × n <sub>z</sub> /<br>n <sub>t</sub> | Equação (C.8)<br>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 <sup>-3</sup> )                             |                                                                                                          |                        |       |                         |          |           |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------|-------|-------------------------|----------|-----------|
| Tipos de danos                                                                                                   | Equação                                                                                                  | Zona Z1 (área externa) |       | Zona Z2 (área interna ) |          | Somatório |
|                                                                                                                  |                                                                                                          | Energia                | Sinal | Energia                 | Sinal    |           |
| D2 Danos Físicos                                                                                                 | R <sub>B2</sub> = N <sub>D</sub> x P <sub>B</sub> x L <sub>B</sub>                                       | -                      |       | 2,69E-06                |          | 2,69E-06  |
|                                                                                                                  | R <sub>V2</sub> = (N <sub>L</sub> +N <sub>DJ</sub> ) x P <sub>V</sub> x L <sub>v</sub> (sinal + energia) | -                      | -     | 2,04E-06                | 0        | 2,04E-06  |
| D3 falhas de sistemas internos                                                                                   | R <sub>M2</sub> = N <sub>M</sub> x P <sub>M</sub> x L <sub>M</sub>                                       | -                      |       | 4,58E-03                |          | 4,58E-03  |
|                                                                                                                  | R <sub>W2</sub> = (N <sub>L</sub> +N <sub>DJ</sub> ) x P <sub>W</sub> x L <sub>w</sub> (sinal + energia) | -                      | -     | 4,09E-05                | 0,00E+00 | 4,09E-05  |
|                                                                                                                  | R <sub>Z2</sub> = (N <sub>L</sub> +N <sub>DJ</sub> ) x P <sub>Z</sub> x L <sub>z</sub> (sinal + energia) | -                      | -     | 1,23E-03                | 0,00E+00 | 1,23E-03  |
| TOTAL                                                                                                            |                                                                                                          | -                      |       | 5,846 E-3               |          | 5,846 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 0,186 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                                                                                 | $R_A = N_D \times P_A \times L_A$                              | -                      |               | 5,38E-09               |          | 5,38E-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 | 2,04E-09               | 0,00E+00 | 2,04E-09  |
|                                                                                    | $R_B = N_D \times P_B \times L_B$                              | não se aplica          |               | 1,35E-06               |          | 1,35E-06  |

|                                                                                                                                              |                                                                |               |               |               |          |           |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------|---------------|---------------|---------------|----------|-----------|
| D2 Danos Físicos                                                                                                                             | $R_v = (N_L + N_{DJ}) \times P_v \times L_v$ (sinal + energia) | não se aplica | não se aplica | 5,11E-07      | 0,00E+00 | 5,11E-07  |
| TOTAL                                                                                                                                        |                                                                | -             |               | 0,186 E-5     |          | 0,186 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  $P_B$ , 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  $P_{EB}$  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  $P_{SPD}$  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 0,321 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 $RT = 1 \times 10^{-3}$ ) |                                                                   |                        |       |                        |       |           |
|------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------|------------------------|-------|------------------------|-------|-----------|
| Tipos de danos                                                                     | Equação                                                           | Zona Z1 (área externa) |       | Zona Z2 (área interna) |       | Somatório |
|                                                                                    |                                                                   | Energia                | Sinal | Energia                | Sinal |           |
| D2 Danos Físicos                                                                   | $R_{B2} = N_D \times P_B \times L_B$                              | -                      |       | 2,69E-07               |       | 2,69E-07  |
|                                                                                    | $R_{V2} = (N_L + N_{DJ}) \times P_v \times L_v$ (sinal + energia) | -                      | -     | 1,02E-07               | 0     | 1,02E-07  |
|                                                                                    | $R_{M2} = N_M \times P_M \times L_M$                              | -                      |       | 2,58E-04               |       | 2,58E-04  |

|                                                                                                                                              |                                                                                |   |   |               |          |           |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------|---|---|---------------|----------|-----------|
| D3 falhas de sistemas internos                                                                                                               | $R_{W2} = (N_L + N_{DJ}) \times P_W \times L_w(\text{sinal} + \text{energia})$ | - | - | 2,04E-06      | 0,00E+00 | 2,04E-06  |
|                                                                                                                                              | $R_{Z2} = (N_L + N_{DJ}) \times P_Z \times L_z(\text{sinal} + \text{energia})$ | - | - | 6,13E-05      | 0,00E+00 | 6,13E-05  |
| TOTAL                                                                                                                                        |                                                                                | - |   | 0,321 E-3     |          | 0,321 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 20 metros, executada em chapa de alumínio de 70mm<sup>2</sup> - 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 mm<sup>2</sup> (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 mm<sup>2</sup>, 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 50mm<sup>2</sup>.

As hastes de aterramento deverão ser interligadas com a utilização de cordoalha de cobre nu com seção transversal de #50mm<sup>2</sup>. A interligação dos aterramentos de cada descida deverá ser executada com cordoalha de cobre nu com seção transversal de #50mm<sup>2</sup>, 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  $70\text{mm}^2$  -  $7/8" \times 1/8"$ . 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  $\#50\text{mm}^2$ .

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 $\mu\text{s}$ ), corrente de descarga nominal  $\geq 25\text{kA}$  (8/20 $\mu\text{s}$ ) e corrente de descarga máxima  $\geq 40\text{kA}$  (8/20 $\mu\text{s}$ ), 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<sup>2</sup>. 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<sup>2</sup> 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.

Atenciosamente,

*São Paulo, 27 de fevereiro de 2026.*

SERGIO DANIEL  
SOUSA  
SANTOS:06429586375

Assinado de forma digital por  
SERGIO DANIEL SOUSA  
SANTOS:06429586375  
Dados: 2026.05.01 15:56:50 -03'00'

---

**SERGIO DANIEL SOUSA SANTOS – ENGENHEIRO ELETRICISTA**  
**CREA RS: Nº PI41026 – ART Nº 141524**