



CANTARELLI & VISSOTTO  
ENGENHARIA

**GERENCIAMENTO DE RISCO**

**SISTEMA DE PROTEÇÃO CONTRA DESCARGAS  
ATMOSFÉRICAS**

**CENTRO DE EVENTOS – PARQUE DE EXPOSIÇÕES**

| Nº               | Data       | Elaboração           | Responsabilidade Técnica                |
|------------------|------------|----------------------|---|
| Documento        |            |                      |   |
| <b>GR-098/19</b> | 29/04/2019 | Felipe Antonio Egert | Eng Eletricista Luiz Antonio Cantarelli |

| REV       | Data       | Discriminação   |
|-----------|------------|-----------------|
| <b>00</b> | 29/04/2019 | Emissão Inicial |

### SUMÁRIO

|         |   |    |
|---------|---|----|
| 1       | INTRODUÇÃO.....   | 3  |
| 2       | OBJETIVOS .....   | 4  |
| 3       | NORMAS E CRITÉRIOS APLICÁVEIS .....   | 5  |
| 4       | INTERPRETAÇÃO DOS TERMOS .....  | 6  |
| 5       | IDENTIFICAÇÃO .....   | 9  |
| 5.1     | Fornecedor .....  | 9  |
| 5.2     | Cliente .....   | 9  |
| 5.3     | Responsável Técnico .....   | 9  |
| 6       | GERENCIAMENTO DE RISCO.....   | 10 |
| 6.1     | Procedimento para decisão da necessidade de proteção e para seleção das medidas de proteção .....     | 10 |
| 6.2     | Análise dos componentes de risco .....  | 11 |
| 6.2.1   | Características e dados relevantes.....   | 12 |
| 6.2.2   | Cálculo de dados relevantes .....   | 13 |
| 6.2.3   | Risco R <sub>1</sub> – Determinação da necessidade de proteção conforme o risco de perda humana ..... | 14 |
| 6.2.3.1 | Componente de risco S1 – Descarga Atmosférica na estrutura .....                                      | 15 |
| 6.2.3.2 | Componente de risco S3 – Descarga Atmosférica na linha conectada .....                                | 20 |
| 6.2.3.3 | Análise final do Risco R <sub>1</sub> e necessidade de proteção .....                                 | 26 |
| 6.3     | Reanálise dos componentes de risco .....  | 27 |
| 6.3.1   | Reanálise do Risco R <sub>1</sub> aplicando as medidas de proteção .....                              | 28 |
| 7       | CONCLUSÃO .....   | 29 |

|  |                         |                                  |          |                  |
|--|-------------------------|----------------------------------|----------|------------------|
| Cliente: Município de Frederico Westphalen |                         | Local: Frederico Westphalen - RS |          |                  |
| Elaboração                                 | Felipe Antonio Egert    |                                  |          |                  |
| Verificação:                               | João Paulo Vissotto     | Rev:00                           | 29/04/19 | PÁG - 3          |
| Aprovação:                                 | Luiz Antonio Cantarelli |                                  |          | <b>GR-098/19</b> |

## 1 INTRODUÇÃO

As descargas atmosféricas que incidem para a terra podem ser perigosas para as estruturas e para as linhas de energia e sinal. Entre os perigos que as descargas atmosféricas oferecem para a estrutura, podem ser citados:

- Danos à estrutura e ao seu conteúdo;
- Falhas aos sistemas eletroeletrônicos associados;
- Ferimentos aos seres vivos dentro ou perto das estruturas.

Para reduzir as perdas devido às descargas atmosféricas, podem ser necessárias medidas de proteção.

O **Gerenciamento de Risco** é o documento que determina a necessidade ou não de medidas de proteção, assim como o método utilizado para a implementação de um sistema de proteção contra descargas atmosféricas e seu grau de proteção.

A quantidade de descargas atmosféricas que podem atingir a estrutura irá depender das dimensões e das características da estrutura, das linhas de energia e sinal conectadas, das características do meio ambiente e da densidade de descargas atmosféricas para a região onde encontra-se localizada a estrutura.

A decisão de implementar um sistema de proteção contra descargas atmosféricas poderá ser tomada independentemente do resultado do gerenciamento de risco, sendo que o mesmo poderá apontar a não necessidade de implementação.

|  |                                  |
|--|----------------------------------|
| Cliente: Município de Frederico Westphalen | Local: Frederico Westphalen - RS |
| Elaboração: Felipe Antonio Egert           |                                  |
| Verificação: João Paulo Vissotto           | Rev:00 29/04/19 PÁG - 4          |
| Aprovação: Luiz Antonio Cantarelli         | <b>GR-098/19</b>                 |

## 2 OBJETIVOS

Este documento tem como objetivo principal a realização de um gerenciamento de risco da edificação denominada CENTRO DE EVENTOS, pertencente ao Município de Frederico Westphalen – RS e localizada no Parque de Exposições Monsenhor Vitor Battistella.

Com a elaboração do gerenciamento de risco, serão determinados os riscos envolvidos para a estrutura com relação à incidência de descargas atmosféricas. Serão realizadas análises comparativas com os limites toleráveis para os riscos envolvidos, seguindo rigorosamente os procedimentos estabelecidos através da ABNT NBR 5419-2:2015, em seu item de número 5, denominado “Gerenciamento de Risco”.

Por fim, será determinada a necessidade da implementação de um novo sistema de proteção contra descargas atmosféricas caso o risco calculado seja superior ao risco tolerável.

### 3 NORMAS E CRITÉRIOS APLICÁVEIS

Para desenvolvimento do presente documento as seguintes normas foram observadas em sua última revisão

#### Normas Regulamentadoras do Ministério do Trabalho e Emprego

| Número         | Título  |
|----------------|---|
| <b>NR – 10</b> | Segurança Em Instalações e Serviços em Eletricidade |

#### ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas

| Número            | Título   |
|-------------------|--|
| <b>NBR 5419-1</b> | Proteção de estruturas contra descargas atmosféricas.<br>Parte 1: Princípios Gerais                                      |
| <b>NBR 5419-2</b> | Proteção de estruturas contra descargas atmosféricas.<br>Parte 2: Gerenciamento de Risco                                 |
| <b>NBR 5419-3</b> | Proteção de estruturas contra descargas atmosféricas.<br>Parte 3: Danos físicos a estruturas e perigos à vida            |
| <b>NBR 5419-4</b> | Proteção de estruturas contra descargas atmosféricas.<br>Parte 4: Sistemas elétricos e eletrônicos internos na estrutura |

#### 4 INTERPRETAÇÃO DOS TERMOS

Para melhor entendimento da análise e dos cálculos que serão apresentados a seguir no item Gerenciamento de Risco, será necessária a interpretação dos seguintes termos.

##### FONTES DE DANOS

| Símbolo | Descrição                                 |
|---------|---|
| S1      | Descargas atmosféricas na estrutura       |
| S2      | Descargas atmosféricas perto da estrutura |
| S3      | Descargas atmosféricas na linha           |
| S4      | Descargas atmosféricas perto da linha     |

##### TIPOS DE DANOS

| Símbolo | Descrição                                      |
|---------|--|
| D1      | Ferimentos aos seres vivos por choque elétrico |
| D2      | Danos físicos                                  |
| D3      | Falhas de sistemas eletrônicos                 |

##### TIPOS DE PERDAS

| Símbolo | Descrição  |
|---------|--|
| 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) |

### RISCOS

| Símbolo | Descrição  |
|---------|--|
| R1      | Risco de perda de vida humana (incluindo ferimentos permanentes) |
| R2      | Risco de perda de serviço ao público                             |
| R3      | Risco de perda de patrimônio cultural                            |
| R4      | Risco de perda de valores econômicos                             |

### COMPONENTES DE RISCO S1

| Descrição  | Símbolo        |
|--|----------------|
| Componente relativo a ferimentos aos seres vivos causados por choque elétrico devido às tensões de toque e passo dentro da estrutura e fora nas zonas até 3m ao redor dos condutores de descidas | R <sub>A</sub> |
| Componente relativo a danos físicos causados por centelhamentos perigosos dentro da estrutura iniciando incêndio ou explosão, os quais também podem colocar em perigo o meio ambiente            | R <sub>B</sub> |
| Componente relativo a falhas de sistemas internos causados por descargas atmosféricas  | R <sub>C</sub> |

### COMPONENTES DE RISCO S2

| Descrição   | Símbolo        |
|---|----------------|
| Componente relativo a falhas de sistemas internos causados por descargas atmosféricas | R <sub>M</sub> |

---

**COMPONENTES DE RISCO PARA UMA ESTRUTURA DEVIDO ÀS  
DESCARGAS ATMOSFÉRICAS A UMA LINHA CONECTADA À ESTRUTURA  
(S3)**

| <b>Descrição</b>     | <b>Símbolo</b>   |
|----------------------|--|
| <b>R<sub>u</sub></b> | Componente relativo a ferimentos ao seres vivos causados por choque elétrico devido às tensões de toque e passo dentro da estrutura  |
| <b>R<sub>v</sub></b> | Componente relativo a danos físicos (incêndio ou explosão iniciados por centelhamentos perigosos entre instalações externas e partes metálicas geralmente no ponto de entrada da linha na estrutura) devido à correntes da descarga atmosférica transmitida ou ao longo das linhas |
| <b>R<sub>w</sub></b> | Componente relativo a falhas de sistemas internos causados por sobretensões induzidas nas linhas que entram na estrutura e transmitidas a esta   |

---

**COMPONENTES DE RISCO PARA UMA ESTRUTURA DEVIDO ÀS  
DESCARGAS ATMOSFÉRICAS PERTO DE UMA LINHA CONECTADA À  
ESTRUTURA (S4)**

| <b>Descrição</b>     | <b>Símbolo</b>   |
|----------------------|--|
| <b>R<sub>z</sub></b> | Componente relativo a falhas de sistemas internos causados por sobretensões induzidas nas linhas que entram na estrutura e transmitidas a esta |



## 5 IDENTIFICAÇÃO

### 5.1 Fornecedor

|                     |                                  |
|---------------------|----------------------------------|
| <b>Razão Social</b> | Cantarelli & Vissotto Engenharia |
| <b>Endereço</b>     | Rua Presidente Kennedy, 977      |
| <b>Cidade</b>       | Frederico Westphalen - RS        |
| <b>CEP</b>          | 98400-000                        |
| <b>CNPJ</b>         |                                  |
| <b>Telefone</b>     | (055) 3744 - 4717                |

### 5.2 Cliente

|                     |                                       |
|---------------------|---------------------------------------|
| <b>Razão Social</b> | Município de Frederico Westphalen –RS |
| <b>Endereço</b>     | Rua José Cañellas 258, Bairro Centro\ |
| <b>Cidade</b>       | Frederico Westphalen - RS             |
| <b>CEP</b>          | 98400-000                             |
| <b>CNPJ</b>         | 87.612.917/0001-25                    |

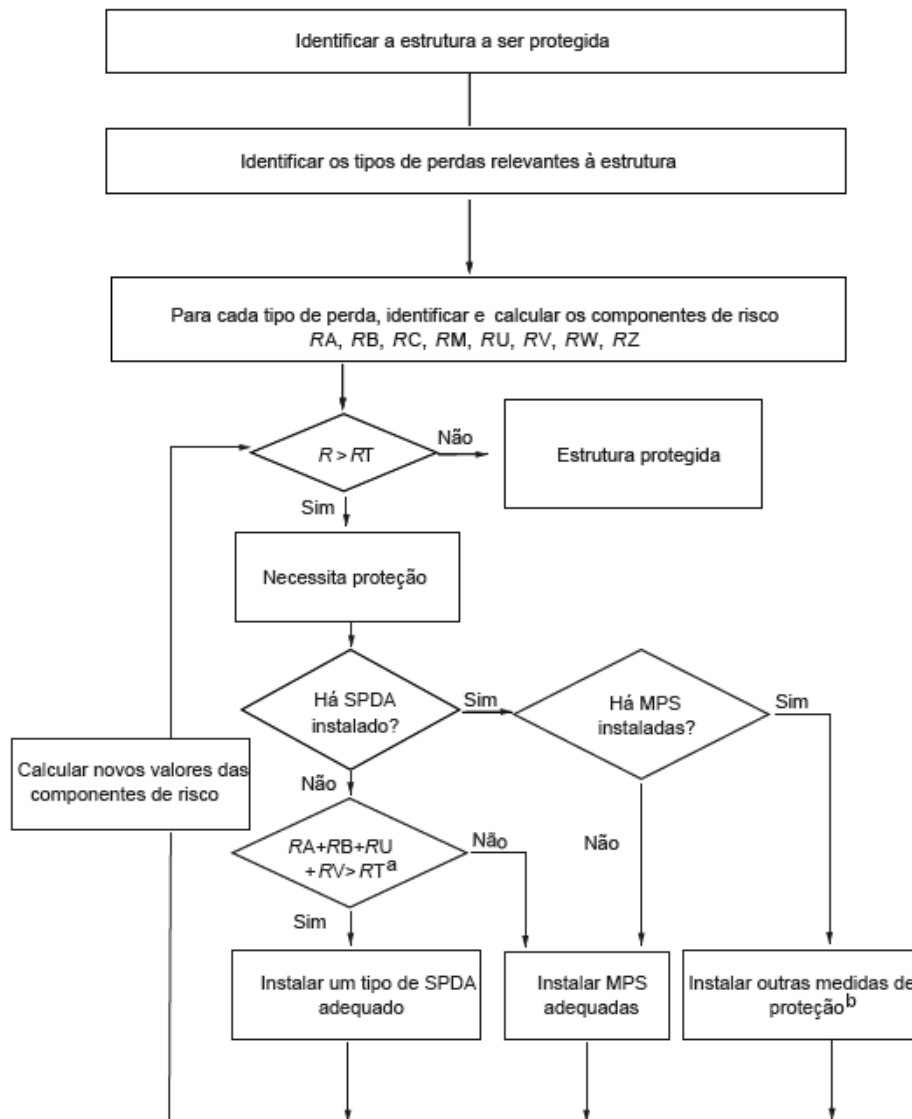
### 5.3 Responsável Técnico

|                             |                           |
|-----------------------------|---------------------------|
| <b>Nome do Profissional</b> | Luiz Antonio Cantarelli   |
| <b>Titulação</b>            | Engenheiro Eletricista    |
| <b>Registro CREA</b>        | RS 49-733 D – SC 40.196-2 |

## 6 GERENCIAMENTO DE RISCO

Neste item serão mostrados os resultados para a análise de risco elaborada para as edificações.

### 6.1 Procedimento para decisão da necessidade de proteção e para seleção das medidas de proteção



Perda de vida humana (L1) e perda econômica (L4) são relevantes para esse tipo de estrutura. Como não foi requisitado pela contratante a avaliação econômica de perda, o risco R4 para perda econômica (L4) não é considerado no presente documento. Isto implica na necessidade de se determinar somente o risco R1 para perda de vida humana (L1) com os componentes de risco  $R_{A1}$ ,  $R_{B1}$ ,  $R_{C1}$ ,  $R_{M1}$ ,  $R_{U1}$ ,  $R_{V1}$ ,

|  |                                  |
|--|----------------------------------|
| Cliente: Município de Frederico Westphalen | Local: Frederico Westphalen - RS |
| Elaboração: Felipe Antonio Eger            |                                  |
| Verificação: João Paulo Vissotto           | Rev:00 29/04/19 PÁG - 11         |
| Aprovação: Luiz Antonio Cantarelli         | GR-098/19                        |

$R_{W1}$  e  $R_{Z1}$ , sendo assim possível realizar a comparação com o valor mínimo de risco tolerável  $R_T = 10^{-5}$  (valor considerado para L1). Caso o valor calculado seja superior ao valor mínimo  $R_T$ , a proteção será requerida.

Sendo assim, serão selecionadas as medidas de proteção para atenuar os riscos.

## 6.2 Análise dos componentes de risco

A densidade de descargas atmosféricas ( $N_g$ ) nas localidades de Frederico Westphalen / RS é de 9,6 descargas/Km<sup>2</sup>/ano. (Fonte: [http://www.inpe.br/webelat/ABNT\\_NBR5419\\_Ng](http://www.inpe.br/webelat/ABNT_NBR5419_Ng)).

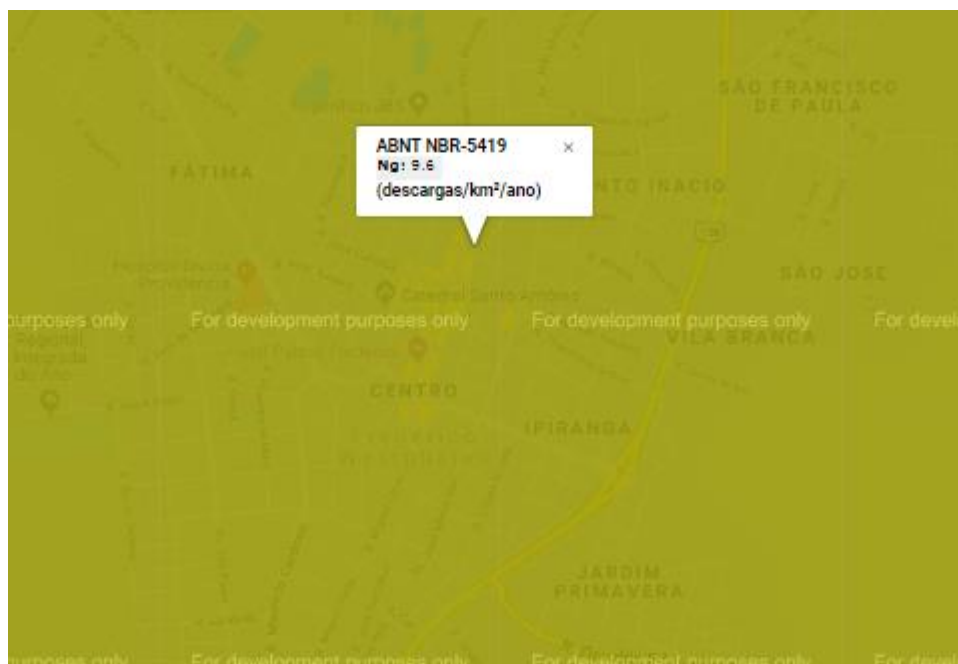


Figura 1: Densidade de descargas atmosféricas em Frederico Westphalen / RS.

## 6.2.1 Características e dados relevantes

### CARACTERÍSTICAS DA ESTRUTURA E MEIO AMBIENTE

| Parâmetros de entrada  | Símbolo        | Valor | Referências            |
|--|----------------|-------|------------------------|
| Densidade de descargas atmosféricas (1/Km <sup>2</sup> /ano) | N <sub>G</sub> | 9.6   | INPE                   |
| Dimensões da estrutura (m)<br>largura x comprimento x altura | L              | 38    | Planta Baixa           |
|  | W              | 61.5  |                        |
|  | H              | 11.5  |                        |
| Fator de localização da estrutura                            | C <sub>D</sub> | 0.5   | Tabela A1 – NBR 5419-2 |
| SPDA   | P <sub>B</sub> | 1     | Tabela B2 – NBR 5419-2 |

### 6.2.2 Cálculo de dados relevantes

Os cálculos de dados relevantes são dados nas tabelas abaixo, respectivamente para área de exposição equivalente e para o número esperado de eventos perigosos.

#### ÁREA DE EXPOSIÇÃO EQUIVALENTE DA ESTRUTURA

| Equação   | Parâmetros   | Referência             | Resultado (m <sup>2</sup> ) |
|---|--|------------------------|-----------------------------|
| $A_D = L \times W + 2 \times (3 \times H) \times (L + W) + \pi \times (3 \times H)^2$ | A <sub>D</sub> - Área de exposição equivalente para descargas atmosféricas a uma estrutura isolada | Equação A.2 NBR 5419-2 | 1.29E+04                    |
| $A_M = 2 \times 500 \times (L + W) + \pi \times 500^2$                                | A <sub>M</sub> - Área de exposição equivalente para descargas atmosféricas perto de uma estrutura  | Equação A.7 NBR 5419-2 | 8.85E+05                    |

#### NÚMERO DE EVENTOS PERIGOSOS

| Equação  | Parâmetros   | Referência             | Resultado (1/ano) |
|--|--|------------------------|-------------------|
| $N_D = N_G \times A_D \times C_D \times 10^{-6}$ | N <sub>D</sub> - Número de eventos perigosos devido às descargas atmosféricas em uma estrutura       | Equação A.4 NBR 5419-2 | 6.21E-02          |
| $N_M = N_G \times A_M \times 10^{-6}$            | N <sub>M</sub> - Número de eventos perigosos devido às descargas atmosféricas perto de uma estrutura | Equação A.6 NBR 5419-2 | 8.4912            |

|  |                                  |
|--|----------------------------------|
| Cliente: Município de Frederico Westphalen | Local: Frederico Westphalen - RS |
| Elaboração: Felipe Antonio Eger            |                                  |
| Verificação: João Paulo Vissotto           | Rev:00 29/04/19 PÁG - 14         |
| Aprovação: Luiz Antonio Cantarelli         | GR-098/19                        |

### 6.2.3 Risco R<sub>1</sub> – Determinação da necessidade de proteção conforme o risco de perda humana

O risco R<sub>1</sub> pode ser expresso por meio da seguinte soma de componentes:

$$R_1 = R_A + R_B + R_C^1 + R_M^1 + R_U + R_V + R_W^1 + R_Z^1$$

<sup>1</sup> Somente para estruturas com risco de explosão.

Cada componente de risco pode ser expressa pela seguinte equação geral:

$$R_x = N_x + P_x + L_x$$

Onde,

N<sub>x</sub> é o número de eventos perigosos por ano

P<sub>x</sub> é a probabilidade de dano à estrutura

L<sub>x</sub> é a perda consequente

A seguir serão calculados os componentes de risco para cada fonte de dano (S1, S2, S3 e S4).

Como a estrutura analisada não possui risco de perda de vida de pessoas em função de falha de sistemas eletrônicos, as fontes de dano S2 e S4, contendo as componentes R<sub>C</sub><sup>1</sup>, R<sub>M</sub><sup>1</sup>, R<sub>W</sub><sup>1</sup>, R<sub>Z</sub><sup>1</sup>, serão desconsideradas para o cálculo.

|  |                                  |          |          |
|--|----------------------------------|----------|----------|
| Cliente: Município de Frederico Westphalen | Local: Frederico Westphalen - RS |          |          |
| Elaboração: Felipe Antonio Egert           | Rev:00                           | 29/04/19 | PÁG - 15 |
| Verificação: João Paulo Vissotto           |                                  |          |          |
| Aprovação: Luiz Antonio Cantarelli         | GR-098/19                        |          |          |

### 6.2.3.1 Componente de risco S1 – Descarga Atmosférica na estrutura

As tabelas a seguir mostram os cálculos realizados referentes às componentes de risco para uma estrutura devido às descargas atmosféricas na estrutura.

#### **P<sub>A</sub> – Probabilidade de uma descarga atmosférica em uma estrutura causar ferimento a seres vivos por meio de choque elétrico**

| Equação   | Parâmetros   | Referência              | Valores  |
|---|--|-------------------------|----------|
| <b>P<sub>A</sub> = P<sub>TA</sub> x P<sub>B</sub></b> | P <sub>TA</sub> – Parâmetro relacionado com as medidas de proteção adicional contra tensões de toque e passo | Tabela B1<br>NBR 5419-2 | 1.00E+00 |
|   | P <sub>B</sub> – Valores de probabilidade dependendo das medidas de proteção para reduzir danos físicos      | Tabela B2<br>NBR 5419-2 | 1.00E+00 |
| <b>P<sub>A</sub> = 1.00E+00</b>                       |  |                         |          |

Equação B.1 NBR 5419 -2

|  |                                  |          |          |
|--|----------------------------------|----------|----------|
| Cliente: Município de Frederico Westphalen | Local: Frederico Westphalen - RS |          |          |
| Elaboração: Felipe Antonio Egert           | Rev:00                           | 29/04/19 | PÁG - 16 |
| Verificação: João Paulo Vissotto           | GR-098/19                        |          |          |
| Aprovação: Luiz Antonio Cantarelli         |                                  |          |          |

**LA – Perda devido a ferimentos a seres vivos por causada por choque elétrico**

| Equação   | Parâmetros  | Referência              | Valores  |
|---|---|-------------------------|----------|
|   | $r_t$ – fator de redução de perda de vida humana dependendo do tipo de solo ou piso | Tabla C.3<br>NBR 5419-2 | 1.00E-02 |
|   | $L_t$ – número relativo médio típico de vítimas feridas por choque elétrico         | Tabla C.2<br>NBR 5419-2 | 1.00E-02 |
| $L_A = r_t \times L_T \times \frac{n_z}{n_t} \times t_z / 8760$ | $n_z$ – número de pessoas na zona   | -                       | 1.00E+03 |
|   | $n_t$ – número total de pessoas na estrutura  | -                       | 1.00E+03 |
|   | $t_z$ – é o tempo durante as quais as pessoas estão presentes na zona (h/ano)       | -                       | 1.50E+03 |
| <b><math>L_A = 1.71E-05</math></b>                              |   |                         |          |



|  |                                  |          |          |
|--|----------------------------------|----------|----------|
| Cliente: Município de Frederico Westphalen | Local: Frederico Westphalen - RS |          |          |
| Elaboração: Felipe Antonio Egert           | Rev:00                           | 29/04/19 | PÁG - 17 |
| Verificação: João Paulo Vissotto           |                                  |          |          |
| Aprovação: Luiz Antonio Cantarelli         | GR-098/19                        |          |          |

**R<sub>A</sub> – Componente relacionado a ferimentos a seres vivos por choque elétrico**

| Equação                           | Parâmetros   | Referência                | Valores  |
|-----------------------------------|--|---------------------------|----------|
| $R_A = N_D \times P_A \times L_A$ | N <sub>D</sub> – Número de eventos perigosos   | Equação A.4<br>NBR 5419-2 | 6.21E-02 |
|                                   | P <sub>A</sub> – Probabilidade de uma descarga atmosférica em uma estrutura causar ferimento a seres vivos por meio de choque elétrico | Equação B.1<br>NBR 5419-2 | 1.00E+00 |
|                                   | L <sub>A</sub> – Perda devido a ferimentos a seres vivos por causada por choque elétrico   | Equação C.1<br>NBR 5419-2 | 1.71E-05 |
| <b>R<sub>A</sub> = 1.06E-06</b>   |  |                           |          |

**L<sub>B</sub> – Perda devido a danos físicos**

| Equação   | Parâmetros  | Referência              | Valores  |
|---|---|-------------------------|----------|
|   | $r_p$ – é um fator de redução de perda devido a danos físicos dependendo das providências tomadas para reduzir as consequências do incêndio | Tabela C.4<br>NBR5419-2 | 5.00E-01 |
|   | $r_f$ – é um fator de redução de perda devido a danos físicos dependendo do risco de incêndio ou do risco de explosão a estrutura           | Tabela C.5<br>NBR5419-2 | 1.00E-02 |
|   | $h_z$ – é um fator de aumento de perda devido a danos físicos quando um perigo especial estiver presente                                    | Tabela C.6<br>NBR5419-2 | 5.00E+00 |
| $L_B = L_v = r_p \times r_f \times h_z \times L_f \times \frac{n_z}{n_t} \times t_z / 8760$ | $L_f$ – é o número relativo médio típico de vítimas por danos físicos devido a um evento perigoso   | Tabela C.2<br>NBR5419-2 | 5.00E-02 |
|   | $n_z$ – é o número de pessoas na zona   | -                       | 1.00E+03 |
|   | $n_t$ – é o número total de pessoas na estrutura  | -                       | 1.00E+03 |
|   | $t_z$ – é o tempo, durante o qual as pessoas estão presentes na zona (h/ano)  | -                       | 1.50E+03 |
| <b>L<sub>B</sub> = 2.14E-04</b>   |   |                         |          |

Equação C.3 NBR 5419 -2

|  |                                  |          |          |
|--|----------------------------------|----------|----------|
| Cliente: Município de Frederico Westphalen | Local: Frederico Westphalen - RS |          |          |
| Elaboração: Felipe Antonio Eger            | Rev:00                           | 29/04/19 | PÁG - 19 |
| Verificação: João Paulo Vissotto           |                                  |          |          |
| Aprovação: Luiz Antonio Cantarelli         | GR-098/19                        |          |          |

**R<sub>B</sub> – Componente relacionado a danos físicos**

| Equação                           | Parâmetros   | Referência                | Valores  |
|-----------------------------------|--|---------------------------|----------|
| $R_B = N_D \times P_B \times L_B$ | N <sub>D</sub> – Número de eventos perigosos   | Equação A.4<br>NBR 5419-2 | 6.21E-02 |
|                                   | P <sub>B</sub> – Probabilidade de uma descarga atmosférica em uma estrutura causar danos físicos | Tabela B.2<br>NBR 5419-2  | 1        |
|                                   | L <sub>B</sub> – Perda devido a danos físicos  | Equação C.1<br>NBR 5419-2 | 2.14E-04 |
| <b>R<sub>B</sub> = 1.33E-05</b>   |  |                           |          |

### 6.2.3.2 Componente de risco S3 – Descarga Atmosférica na linha conectada

As tabelas a seguir mostram os cálculos realizados referentes às componentes de risco para uma estrutura devido às descargas atmosféricas a uma linha perto da estrutura.

#### N<sub>L</sub> – Número médio anual de eventos perigosos devido a descarga atmosférica na linha

| Equação  | Parâmetros   | Referência                | Valores  |
|--|--|---------------------------|----------|
|  | N <sub>G</sub> – Densidade de descarga atmosférica para a terra (1/Km <sup>2</sup> x ano)                    | INPE                      | 9.6      |
| $N_L = N_G \times A_L \times C_I \times C_E \times C_T \times 10^{-6}$ | A <sub>L</sub> – Área de exposição equivalente de descarga atmosférica que atingem a linha (m <sup>2</sup> ) | Equação A.9<br>NBR 5419-2 | 4.00E+04 |
|  | C <sub>I</sub> – Fator de instalação da linha  | Tabela A.2<br>NBR 5419-2  | 1.00E+00 |
|  | C <sub>E</sub> – Fator ambiental   | Tabela A.4<br>NBR 5419-2  | 1.00E-01 |
|  | C <sub>T</sub> – Fator tipo de linha   | Tabela A.3<br>NBR 5419-2  | 1.00E+00 |
| <b>N<sub>L</sub> = 3.84E-02</b>  |  |                           |          |

|  |                                  |          |          |
|--|----------------------------------|----------|----------|
| Cliente: Município de Frederico Westphalen | Local: Frederico Westphalen - RS |          |          |
| Elaboração: Felipe Antonio Egert           | Rev:00                           | 29/04/19 | PÁG - 21 |
| Verificação: João Paulo Vissotto           |                                  |          |          |
| Aprovação: Luiz Antonio Cantarelli         | GR-098/19                        |          |          |

**P<sub>U</sub> – Probabilidade de uma descarga atmosférica em uma linha causar ferimentos a seres vivos por choque elétrico**

| Equação  | Parâmetros   | Referência                 | Valores                            |
|--|--|----------------------------|------------------------------------|
| $P_U = P_{TU} \times P_{EB} \times P_{LD} \times C_{LD}$ | <p>P<sub>TU</sub> – Probabilidade de uma descarga atmosférica em uma linha que adentre a estrutura causar choque a seres vivos devido a tensões perigosas.</p>                           | Tabela B.6<br>NBR 5419 - 2 | 1.00E+00                           |
|  | <p>P<sub>EB</sub> – Fator dependente das ligações equipotenciais para descargas atmosféricas (EB) e do nível de proteção contra descargas atmosféricas para qual o DPS foi projetado</p> | Tabela B.7<br>NBR 5419 - 2 | Equação B.8 NBR 5419-2<br>1.00E+00 |
|  | <p>P<sub>LD</sub> – Probabilidade de falha do sistema interno devido a uma descarga atmosférica na linha conectada dependendo das características da linha.</p>                          | Tabela B.8<br>NBR 5419-2   | 1.00E+00                           |
|  | <p>C<sub>LD</sub> – Fator que depende da blindagem, do aterramento e das condições da isolação da linha</p>  | Tabela B.4<br>NBR 5419-2   | 1.00E+00                           |
| <p><b>P<sub>U</sub> = 1.00E+00</b></p>                   |  |                            |                                    |

|  |                                  |          |          |
|--|----------------------------------|----------|----------|
| Cliente: Município de Frederico Westphalen | Local: Frederico Westphalen - RS |          |          |
| Elaboração: Felipe Antonio Eger            | Rev:00                           | 29/04/19 | PÁG - 22 |
| Verificação: João Paulo Vissotto           |                                  |          |          |
| Aprovação: Luiz Antonio Cantarelli         | GR-098/19                        |          |          |

**Lu – Perda devido a ferimentos a seres vivos por choque elétrico**

| Equação   | Parâmetros  | Referência                 | Valores  |
|---|---|----------------------------|----------|
|   | $r_t$ – Fator de redução de perda de vida humana dependendo do tipo de solo ou piso .                   | Tabela C.3<br>NBR 5419 - 2 | 1.00E-02 |
|   | $L_t$ – número relativo médio típico de vítimas feridas por choque elétrico devido a um evento perigoso | Tabela C.2<br>NBR 5419 - 2 | 1.00E-02 |
| $L_U = r_t \times L_T \times n_z / n_t \times t_z / 8760$ | $n_z$ – número de pessoas na zona   | -                          | 1.00E+03 |
|   | $n_t$ – número total de pessoas na estrutura  | -                          | 1.00E+03 |
|   | $t_z$ – tempo, durante o qual as pessoas estão presentes na zona, (h/ano)                               | -                          | 1.50E+03 |
| <b><math>L_U = 1.71E-05</math></b>                        |   |                            |          |

Equação B.8 NBR 5419-2

|  |                                  |          |          |
|--|----------------------------------|----------|----------|
| Cliente: Município de Frederico Westphalen | Local: Frederico Westphalen - RS |          |          |
| Elaboração: Felipe Antonio Egert           | Rev:00                           | 29/04/19 | PÁG - 23 |
| Verificação: João Paulo Vissotto           |                                  |          |          |
| Aprovação: Luiz Antonio Cantarelli         | GR-098/19                        |          |          |

**$R_U$  – Componente relacionado a ferimentos a seres vivos por choque elétrico**

| Equação                                      | Parâmetros   | Referência                | Valores                |          |
|--|--|---------------------------|------------------------|----------|
| $R_U = (N_L + N_{DJ}) \times P_U \times L_U$ | $N_L$ – Número médio anual de eventos perigosos devido às descargas atmosféricas em uma linha conectada à estrutura. | Equação A.8<br>NBR 5419-2 | 3.84E-02               |          |
|  | $N_{DJ}$ – Número médio anual de eventos perigosos devido às descargas atmosféricas em uma estrutura adjacente.      | Equação A.5<br>NBR 5419-2 | Equação 10 NBR 5419 -2 | 0.00E+00 |
|  | $P_U$ – Probabilidade de uma descarga atmosférica a uma linha causar ferimentos a seres vivos por choque elétrico.   | Equação B.8<br>NBR 5419-2 |                        | 1.00E+00 |
|  | $L_U$ – Perda devido a ferimentos a seres vivos por choque elétrico.   | Equação C.2<br>NBR 5419-2 | 1.71E-05               |          |
| <b><math>R_U = 6.58E-07</math></b>           |  |                           |                        |          |

|  |                                  |          |          |
|--|----------------------------------|----------|----------|
| Cliente: Município de Frederico Westphalen | Local: Frederico Westphalen - RS |          |          |
| Elaboração: Felipe Antonio Egert           | Rev:00                           | 29/04/19 | PÁG - 24 |
| Verificação: João Paulo Vissotto           |                                  |          |          |
| Aprovação: Luiz Antonio Cantarelli         | GR-098/19                        |          |          |

**P<sub>v</sub> – Probabilidade de uma descarga atmosférica em uma linha causar danos físicos**

| Equação                                    | Parâmetros   | Referência                 | Valores  |
|--|--|----------------------------|----------|
| $P_v = P_{EB} \times P_{LD} \times C_{LD}$ | <p>P<sub>EB</sub> – Fator dependente das ligações equipotenciais para descargas atmosféricas (EB) e do nível de proteção contra descargas atmosféricas para qual o DPS foi projetado</p> | Tabela B.7<br>NBR 5419 - 2 | 1.00E+00 |
|  | <p>P<sub>LD</sub> – Probabilidade de falha do sistema interno devido a uma descarga atmosférica na linha conectada dependendo das características da linha.</p>                          | Tabela B.8<br>NBR 5419-2   | 1.00E+00 |
|  | <p>C<sub>LD</sub> – Fator que depende da blindagem, do aterramento e das condições da isolação da linha</p>  | Tabela B.4<br>NBR 5419-2   | 1.00E+00 |
| <b>P<sub>v</sub> = 1.00E+00</b>            |  |                            |          |

Equação B.9 NBR 5419-2



|  |                         |                                  |          |                  |
|--|-------------------------|----------------------------------|----------|------------------|
| Cliente: Município de Frederico Westphalen |                         | Local: Frederico Westphalen - RS |          |                  |
| Elaboração                                 | Felipe Antonio Egert    |                                  |          |                  |
| Verificação:                               | João Paulo Vissotto     | Rev:00                           | 29/04/19 | PÁG - 25         |
| Aprovação:                                 | Luiz Antonio Cantarelli |                                  |          | <b>GR-098/19</b> |

### R<sub>v</sub> – Componente relacionado a danos físicos

| Equação  | Parâmetros   | Referência                | Valores  |
|--|--|---------------------------|----------|
| <b>R<sub>v</sub> = (N<sub>L</sub> + N<sub>DJ</sub>)<br/>x P<sub>v</sub> x LV</b> | N <sub>L</sub> – Número médio anual de eventos perigosos devido às descargas atmosféricas em uma linha conectada à estrutura | Equação A.8<br>NBR 5419-2 | 3.84E-02 |
|  | N <sub>DJ</sub> – Número médio anual de eventos perigosos devido às descargas atmosféricas em uma estrutura adjacente        | Equação A.5<br>NBR 5419-2 | 0.00E+00 |
|  | P <sub>v</sub> – Probabilidade de uma descarga atmosférica a uma linha causar danos físicos                                  | Equação B.9<br>NBR 5419-2 | 1.00E+00 |
|  | L <sub>v</sub> – Perda devido a danos físicos  | Equação C.3<br>NBR 5419-2 | 2.14E-04 |

Equação 10 NBR 5419 -2

**R<sub>v</sub> = 8.22E-06**

### 6.2.3.3 Análise final do Risco R<sub>1</sub> e necessidade de proteção

Após o cálculo de todos componentes de risco foi determinado o valor do risco R<sub>1</sub>, para averiguar a necessidade de proteção.

| Danos   | Fonte de danos                    |   |   |   |
|---|-----------------------------------|---|---|---|
|   | S1                                | S2                                      | S3                                      | S4  |
|   | Descarga atmosférica na estrutura | Descarga atmosférica perto da estrutura | Descarga atmosférica na linha conectada | Descarga atmosférica perto da linha conectada |
| D1<br>Ferimentos a seres vivos devido a choques elétricos | $R_A = 1.06E-06$                  |   | $R_U = 6.58E-07$                        |   |
| D2<br>Danos físicos                                       | $R_B = 1.33E-05$                  |   | $R_V = 8.22E-06$                        |   |
| D3<br>Falhas de sistemas eletroeletrônicos                |                                   |   |   |   |
| $R_1 = R_A + R_B + R_U + R_V = 2.32E-05$                  |                                   |   |   |   |

Como o valor encontrado para R<sub>1</sub> é superior ao valor tolerável  $R_T=10^{-5}$ , a edificação encontra-se desprotegida e necessita da instalação de medidas de proteção.

|              |                                   |        |                           |
|--------------|-----------------------------------|--------|---------------------------|
| Cliente:     | Município de Frederico Westphalen | Local: | Frederico Westphalen - RS |
| Elaboração   | Felipe Antonio Eger               |        |                           |
| Verificação: | João Paulo Vissotto               | Rev:00 | 29/04/19 PÁG - 27         |
| Aprovação:   | Luiz Antonio Cantarelli           |        | <b>GR-098/19</b>          |

### 6.3 Reanálise dos componentes de risco

Após verificação da necessidade de aplicação de medidas de proteção para a estrutura, foi realizada uma reanálise nos componentes de risco, verificando quais foram os componentes que apresentaram valores acima do tolerável. Foi identificado um alto índice para o componente de risco  $R_B$  (danos físicos causados por centelhamento iniciando incêndio ou explosão – descarga atmosférica na estrutura).

A solução mais apropriada para minimizar o componente de risco acima relacionado é a instalação de um Sistema de Proteção Contra Descargas Atmosférica.

Para que seja comprovada a eficácia da solução proposta, foi desenvolvida uma nova análise dos componentes de risco, considerando para o item  $P_B$ , que está diretamente relacionados à presença de SPDA na estrutura, o valor de  $P_B = 0,05$ , que representa a implantação de um SPDA com classe de proteção II.

### 6.3.1 Reanálise do Risco R<sub>1</sub> aplicando as medidas de proteção

Após o cálculo de todos componentes de risco foi determinado o novo valor do risco R<sub>1</sub>, levando em consideração a instalação de um SPDA classe IV.

| Danos   | Fonte de danos                    |   |   |   |
|---|-----------------------------------|---|---|---|
|   | S1                                | S2                                      | S3                                      | S4  |
|   | Descarga atmosférica na estrutura | Descarga atmosférica perto da estrutura | Descarga atmosférica na linha conectada | Descarga atmosférica perto da linha conectada |
| D1  |                                   |   |   |   |
| Ferimentos a seres vivos devido a choques elétricos | $R_A = 5.32E-08$                  |   | $R_U = 6.58E-07$                        |   |
| D2  |                                   |   |   |   |
| Danos físicos                                       | $R_B = 6.65E-07$                  |   | $R_V = 8.22E-06$                        |   |
| D3  |                                   |   |   |   |
| Falhas de sistemas eletroeletrônicos                |                                   |   |   |   |
| $R_1 = R_A + R_B + R_U + R_V = 9.59E-06$            |                                   |   |   |   |

Após a reanálise dos componentes de risco levando em consideração a implantação de um SPDA classe II, observou-se que o novo valor encontrado para R<sub>1</sub> é inferior ao valor tolerável  $R_T=10^{-5}$ , comprovando assim a eficácia da instalação das medidas de proteção escolhidas.

|              |                                   |        |                           |                  |
|--------------|-----------------------------------|--------|---------------------------|------------------|
| Cliente:     | Município de Frederico Westphalen | Local: | Frederico Westphalen - RS |                  |
| Elaboração   | Felipe Antonio Eger               | Rev:00 | 29/04/19                  | PÁG - 29         |
| Verificação: | João Paulo Vissotto               |        |                           |                  |
| Aprovação:   | Luiz Antonio Cantarelli           |        |                           | <b>GR-098/19</b> |

## 7 CONCLUSÃO

De acordo com o gerenciamento de risco realizado inicialmente para a estrutura, foi concluído que a mesma se encontrava desprotegida, sendo necessária a instalação de um Sistema de Proteção Contra Descargas Atmosféricas para redução do risco R<sub>1</sub> que está relacionado à perda de vida de pessoas.

Foi proposta a implantação de uma solução visando a instalação de um SPDA classe II para minimizar o componente R<sub>B</sub>. Após a reanálise dos componentes de risco, aplicando um novo valor para o componente R<sub>B</sub>, foi comprovada a eficácia da solução proposta.

Todas as análises foram desenvolvidas com base na norma vigente brasileira que trata do assunto, sendo esta a norma da ABNT denominada NBR 5419: 2015 na sua parte 2, que trata especificamente sobre Gerenciamento de Risco.



---

**Luiz Antonio Cantarelli**  
Engenheiro Eletricista