

Consórcio



---

## PROJETO EXECUTIVO DA REITORIA DA UFSB

---

### MEMORIAL DESCRITIVO E MEMORIAL DE CÁLCULO SISTEMA DE PROTEÇÃO CONTRA DESCARGAS ATMOSFÉRICAS

---

CLIENTE	VOLUME	REVISÃO	DATA
UFSB	01/01	00	20/08/2019

---

## SUMÁRIO DESCRITIVO

<b>A.</b>	<b>IDENTIFICAÇÃO</b>	<b>3</b>	4.7.	Avaliação de Lx - Quantidade de Perda para a Estrutura	7
1.	TÍTULO DO PROJETO	3	4.8.	Avaliação de Rx - Componentes de Risco	8
2.	EMPRESA	3	5.	<b>ANÁLISE DO NÍVEL DE RISCO DA EDIFICAÇÃO CONSIDERANDO MEDIDAS DE PROTEÇÃO ADICIONAIS</b>	<b>8</b>
3.	RESPONSÁVEL TÉCNICO	3	5.1.	Fatores de Linhas	8
<b>B.</b>	<b>FINALIDADE DO PROJETO</b>	<b>3</b>	5.2.	Avaliação de Ax - Área de Exposição	8
<b>C.</b>	<b>NORMAS E PRÁTICAS COMPLEMENTARES</b>	<b>3</b>	5.3.	Avaliação de Px - Probabilidade de Danos para a Estrutura	8
<b>D.</b>	<b>PROTEÇÃO CONTRA DESCARGAS ELÉTRICAS ATMOSFÉRICAS</b>	<b>4</b>	5.4.	Avaliação de Lx - Quantidade de Perda para a Estrutura	8
1.	DEFINIÇÕES	4	5.5.	Avaliação de Rx - Componentes de Risco	8
2.	DANOS E PERDAS	4	5.6.	Memória de Cálculo	9
2.1.	Fontes dos danos	4	5.7.	Considerações Finais	9
2.2.	Tipos de danos	4	6.	<b>MÉTODO DE PROTEÇÃO CONTRA DESCARGAS ATMOSFÉRICAS SELECIONADO</b>	<b>9</b>
2.3.	Tipos de perdas	4	6.1.	Descrição do SPDA	9
3.	<b>ANÁLISE DO NÍVEL DE RISCO DA INSTALAÇÃO</b>	<b>4</b>	6.2.	Dimensionamento do SPDA	10
3.1.	Componente do risco devido a descargas elétricas na estrutura	4	<b>E.</b>	<b>RELAÇÃO DE PRANCHAS QUE COMPÕEM O PROJETO</b>	<b>10</b>
3.2.	Componente de risco devido a descargas elétricas a uma linha ou tubulação conectada à estrutura	5	<b>F.</b>	<b>NOTAS</b>	<b>10</b>
4.	<b>ANÁLISE DO NÍVEL DE RISCO DAS EDIFICAÇÕES CONSIDERANDO AS CONDIÇÕES SEM SPDA</b>	<b>5</b>	<b>G.</b>	<b>DECLARAÇÃO DE PROTEÇÃO CONTRA DESCARGA ATMOSFÉRICA NÃO NECESSÁRIA</b>	<b>10</b>
4.1.	Fatores Ambientais e de Localização	5	<b>H.</b>	<b>DOCUMENTO</b>	<b>11</b>
4.2.	Dimensões da Estrutura	5	<b>ANEXO A - MEMÓRIA DE CÁLCULO DO SPDA</b>	<b>12</b>	
4.3.	Fatores de Zonas	5			
4.4.	Fatores de Linhas	5			
4.5.	Avaliação de Ax - Área de Exposição	6			
4.6.	Avaliação de Px - Probabilidade de Danos	6			

## A. IDENTIFICAÇÃO

### 1. TÍTULO DO PROJETO

Projeto executivo de sistema de proteção contra descargas atmosféricas (SPDA) para a REITORIA da UFSB.

### 2. EMPRESA

**Razão Social:** Universidade Federal do Sul da Bahia (UFSB)

**Endereço:** Rua Itabuna, s/n, Rod. Ilhéus – Vitória da Conquista, km 39, BR-415, Ferradas, Itabuna - BA, CEP 45613-204.

**Endereço da obra:** Reitoria, Rua Adolfo Maron, 200 - Centro, Itabuna - BA, CEP 45600-060.

**Ramo de atividade:** Ensino, pesquisa e extensão em todas as áreas do conhecimento humano.

### 3. RESPONSÁVEL TÉCNICO

**Profissional:** Eng. Eletricista Carlos Gustavo Castelo Branco

**RNP:** 060849600-6

## B. FINALIDADE DO PROJETO

Atender aos critérios necessários para construção, reforma e ampliações e adequações de diversas unidades da UFSB em seus campi e Colégios Universitários (CUNIS), cujas especificações e quantitativos encontram-se tanto no componente III – Lista de Projetos, quanto nos outros documentos que integrarão o edital. RDC/SRP N° 04/2017 (23746.005575/2017-57).

## C. NORMAS E PRÁTICAS COMPLEMENTARES

Em busca de atender ao correto funcionamento da edificação, visando à segurança dos executores da obra e usuários da edificação, segue abaixo lista com as principais normas e especificações técnicas adotadas nos projetos de instalações elétricas e SPDA. Visto que as mesmas podem passar por atualizações, deverão ser executadas as instalações em concordância com a última revisão vigente entre outras diretrizes necessárias que podem não ter sido mencionadas das normas técnicas e diretrizes regionais do endereço da obra.

- ABNT NBR 5410: Instalações elétricas de baixa tensão;
- ABNT NBR 5419: Proteção contra descargas atmosféricas;
- ABNT NBR 5471: Condutores elétricos;
- ABNT NBR 5473 - Instalação Elétrica Predial – Terminologia;
- ABNT NBR 6812 - Fios e Cabos Elétricos - Método de Ensaio;
- ABNT NBR 9513 - Emendas para Cabos de Potência Isolados para Tensões até 750 V;
- Coelba NOR.DISTRIBU-ENGE-0021 - Fornecimento de Energia Elétrica em Tensão Secundária de Distribuição a Edificações Individuais;
- Coelba NOR.DISTRIBU-ENGE-0023 - Fornecimento de Energia Elétrica em Média Tensão de Distribuição à Edificação Individual;
- Instruções e Resoluções dos Órgãos do Sistema CREA/CONFEA;
- Normas da ABNT e do INMETRO;
- Normas e Códigos estrangeiros: NEC - National Electrical Code, ANSI - American National Standart Institute, IEEE - Institute of Eletrical and Electronics Engineers, NFPA - National Fire Protection Association, NEMA - National Electrical
- NR-10: Segurança em instalações e serviços em eletricidade;
- Práticas de Projeto, Construção e Manutenção de Edifícios Públicos Federais.

## **D. PROTEÇÃO CONTRA DESCARGAS ELÉTRICAS ATMOSFÉRICAS**

### **1. DEFINIÇÕES**

Segundo a NBR 5419, o SPDA é o sistema utilizado para reduzir danos físicos devido às descargas atmosféricas, o qual consiste em sistemas externo e interno. O SPDA externo é a parte composta pelos subsistemas de captação, descida e aterramento. O SPDA interno consiste em ligações equipotenciais e/ou isolamento elétrica do SPDA externo.

### **2. DANOS E PERDAS**

Para o dimensionamento do SPDA é necessária a determinação dos danos, perdas e riscos aos quais a instalação em questão está exposta. A NBR 5419 classifica esses parâmetros e os distingue mediante suas influências.

#### **2.1. FONTES DOS DANOS**

Segundo a NBR 5419, a corrente da descarga atmosférica é a principal fonte de dano. São feitas as seguintes distinções mediante o ponto de impacto:

- S1: descargas atmosféricas na estrutura;
- S2: descargas atmosféricas perto da estrutura;
- S3: descargas atmosféricas na linha;
- S4: descargas atmosféricas perto da linha.

#### **2.2. TIPOS DE DANOS**

São definidas três classificações segundo a NBR 5419 para as consequências das descargas elétricas:

- D1: ferimentos aos seres vivos por choque elétrico;
- D2: danos físicos;
- D3: falhas de sistemas eletroeletrônicos.

#### **2.3. TIPOS DE PERDAS**

Cada tipo de dano pode produzir diferentes tipos de perda. A NBR 5419 classifica tais perdas como:

- L1: perda de vida humana;
- L2: perda de serviço ao público;
- L3: perda de patrimônio cultural;
- L4: perda de valores econômicos.

### **3. ANÁLISE DO NÍVEL DE RISCO DA INSTALAÇÃO**

Em vista das características do presente estabelecimento, bem como da natureza das atividades a serem desenvolvidas no mesmo, o tipo de perda a ser levada em consideração em conformidade com a NBR 5419 é a perda de vida humana (L1). Dessa forma, existe a necessidade de determinação apenas dos componentes de risco que se referem a essa perda.

#### **3.1. COMPONENTE DO RISCO DEVIDO A DESCARGAS ELÉTRICAS NA ESTRUTURA**

Segundo a NBR 5419, os componentes de risco relevantes mediante o tipo de perdas da presente instalação são:

- $R_A$ , componente esse 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 3 metros ao redor dos condutores de descida;
- $R_B$ , componente relativo a danos físicos causados por centelhamentos perigosos dentro da estrutura.

### 3.2. COMPONENTE DE RISCO DEVIDO A DESCARGAS ELÉTRICAS A UMA LINHA OU TUBULAÇÃO CONECTADA À ESTRUTURA

Nessa classificação, os componentes de interesse de acordo com as perdas existentes no estabelecimento são:

- $R_U$ , que é o componente relativo a ferimentos aos seres vivos causados por choque elétrico devido às tensões de toque e passo, em decorrência de descargas elétricas não diretas;
- $R_V$ , componente relativo à danos físicos causados por centelhamentos em decorrência de descarga atmosférica não direta.

Cada uma das componentes de risco deverá ser determinada conforme a seguinte fórmula:

$$R_X = N_X \times P_X \times L_X \quad (1)$$

Onde  $N_X$  é o número de eventos perigosos por ano, cujo dimensionamento é descrito no Anexo A da NBR 5419;  $P_X$  é a probabilidade de dano à estrutura, cujo dimensionamento é descrito no Anexo B da NBR 5419; e  $L_X$  é a perda consequente, dimensionada segundo o Anexo C da NBR 5419.

O risco total à vida humana  $R_1$  será determinado por:

$$R_1 = R_{A1} + R_{B1} + R_{U1} + R_{V1} \quad (2)$$

Este valor deverá estar de acordo com o limite tolerável indicado na Tabela 4 da NBR 5419, que no caso de perda de vida humana ( $L_1$ ) deve ser da ordem de  $10^{-5}$ .

## 4. ANÁLISE DO NÍVEL DE RISCO DAS EDIFICAÇÕES CONSIDERANDO AS CONDIÇÕES SEM SPDA

Inicialmente será feita uma avaliação da instalação sem a instalação do SPDA para a determinação se o mesmo se faz necessário.

### 4.1. FATORES AMBIENTAIS E DE LOCALIZAÇÃO

É necessário determinar a densidade de descargas atmosféricas para a terra ( $N_G$ ) na localização do estabelecimento, que será utilizado posteriormente para o cálculo do Número Anual de Eventos Perigosos.

### 4.2. DIMENSÕES DA ESTRUTURA

É necessário o dimensionamento da estrutura a ser protegida.

### 4.3. FATORES DE ZONAS

Devem ser delimitadas as zonas que se deseja proteger. Podem haver várias zonas ou apenas uma grande zona por estrutura.

No que tange às perdas de natureza humana ( $L_1$ ), para cada zona devem ser levantados os seguintes fatores de redução de perdas de acordo com suas características:

- $R_t$ , dependendo do tipo de solo ou piso;
- $R_p$ , mediante providências contra o risco de incêndio;
- $R_r$ , dependendo do risco de incêndio ou de explosão da estrutura.

Poderá também ser considerado um fator de aumento das perdas:

- $h_z$ , na situação de haver um perigo especial.

Tais fatores são determinados segundo o Anexo C da NBR 5410 e influenciarão, juntamente com o número de pessoas na zona ( $n_z$ ) e o número total de pessoas na estrutura inteira ( $n_t$ ), diretamente no cálculo do risco de perda  $L_X$ .

### 4.4. FATORES DE LINHAS

Para avaliar cada componente de risco devido a uma descarga atmosférica na, ou perto da, linha, devem ser determinados os seguintes fatores:

- $C_I$ , tipo de instalação da linha (discorrido no Anexo A da NBR 5419, o qual influencia no  $N_x$ );
- $C_D$ ,  $C_T$  e  $C_E$ , fatores que afetem a área de exposição equivalente, representando localização da estrutura, tipo de linha e ambiente da linha, respectivamente (discorridos no Anexo A da NBR 5419, os quais influenciam no  $N_x$ );
- $C_{LD}$  e  $C_{LI}$ , quanto às características da linha, se blindada ou não blindada (discorridos no Anexo B da NBR 5419, os quais influenciam no  $P_x$ ).

#### 4.5. AVALIAÇÃO DE $A_x$ - ÁREA DE EXPOSIÇÃO

No que diz respeito à estrutura, serão determinadas duas áreas de exposição:

- $A_D$ , área definida pela intersecção entre a superfície do solo com uma linha reta inclinada a qual passa pelas partes mais altas da estrutura (tocando-a nestes pontos) e rotacionando ao redor dela;
- $A_M$ , área de exposição equivalente de descargas atmosféricas que atingem perto da estrutura.

No que diz respeito às linhas, serão também determinadas duas áreas de exposição:

- $A_L$ , área de exposição equivalente de descargas atmosféricas que atingem a linha;
- $A_I$ , área de exposição equivalente de descargas atmosféricas para a terra perto da linha.

##### 4.5.1. Avaliação de $N_x$ - Número Anual de Eventos Perigosos

Tendo em vista os fatores descritos até o presente momento, o número de eventos perigosos para a estrutura é determinado por:

$$N_D = N_G \times A_D \times C_D \times 10^{-6} \quad (3)$$

O número de eventos perigosos devido a descargas atmosféricas perto da estrutura é determinado por:

$$N_M = N_G \times A_M \times 10^{-6} \quad (4)$$

O número de eventos perigosos devido a descargas atmosféricas na linha é determinado por:

$$N_L = N_G \times A_L \times C_I \times C_E \times C_T \times 10^{-6} \quad (5)$$

O número de eventos perigosos devido a descargas atmosféricas perto da linha é determinado por:

$$N_I = N_G \times A_I \times C_I \times C_E \times C_T \times 10^{-6} \quad (6)$$

É importante ressaltar que na existência de mais de uma linha haverão  $N_L$  e  $N_I$  distintos para cada uma delas.

#### 4.6. AVALIAÇÃO DE $P_x$ - PROBABILIDADE DE DANOS

Quanto à probabilidade de uma descarga atmosférica em uma estrutura causar ferimentos a seres vivos por meio de choque elétrico ( $P_A$ ), tem-se:

$$P_A = P_{TA} \times P_B \quad (7)$$

Onde  $P_{TA}$  faz menção a tensões de toque e passo perigosas e  $P_B$  se refere a danos físicos mediante medidas de proteção existentes. Ambos esses valores são tabelados nos itens B.2 e B.3 do Anexo B da NBR 5419 de acordo com as características do estabelecimento.

Quanto à probabilidade de uma descarga atmosférica em uma estrutura causar falhas em sistemas internos ( $P_C$ ), tem-se:

$$P_C = P_{SPD} \times C_{LD} \quad (8)$$

Onde  $P_{SPD}$  depende do sistema de DPS existente e  $C_{LD}$  é um dos fatores apresentados anteriormente neste documento. Ambos esses valores são tabelados no item B.4 do Anexo B da NBR 5419 de acordo com as características do estabelecimento.

Quanto à probabilidade de uma descarga atmosférica perto de uma estrutura causar falhas em sistemas internos ( $P_M$ ), tem-se:

$$P_M = P_{SPD} \times P_{MS} \quad (9)$$

Onde  $P_{SPD}$  depende do sistema de DPS existente e  $P_{MS}$  é obtido segundo um produto descrito no item B.5 do Anexo B da NBR 5419.

Quanto à probabilidade de uma descarga atmosférica em uma linha causar ferimentos a seres vivos por choque elétrico ( $P_U$ ), tem-se:

$$P_U = P_{TU} \times P_{EB} \times P_{LD} \times C_{LD} \quad (10)$$

Onde  $P_{TU}$  é a probabilidade mediante tensões de toque perigosas,  $P_{EB}$  é a probabilidade em função do sistema de DPS existente e  $P_{LD}$  é a probabilidade mediante a resistência de blindagem do cabo e da tensão suportável de impulso do equipamento. Esses valores encontram-se tabelados no item B.6 do Anexo B da NBR 5419 de acordo com as características do estabelecimento.

Quanto à probabilidade de uma descarga atmosférica em uma linha falha de sistemas internos ( $P_W$ ), tem-se:

$$P_W = P_{SPD} \times P_{LD} \times C_{LD} \quad (11)$$

Quanto à probabilidade de uma descarga atmosférica perto de uma linha que entra na estrutura causar falha de sistemas internos ( $P_Z$ ), tem-se:

$$P_Z = P_{SPD} \times P_{LI} \times C_{LI} \quad (12)$$

Onde  $P_{LI}$  é a probabilidade de falha de sistemas internos devido a uma descarga atmosférica perto de uma linha conectada mediante característica da linha e a tensão suportável dos equipamentos. Esse valor encontra-se tabelado no item B.9 do Anexo B da NBR 5419.

#### 4.6.1. Estrutura

Para a estrutura como um todo serão determinadas as probabilidades  $P_B$  e  $P_C$ .

#### 4.6.2. Zonas

Para cada uma das zonas delimitadas no projeto serão determinadas as probabilidades  $P_A$  e  $P_M$ .

#### 4.6.3. Linhas

Para cada uma das linhas existentes serão determinadas as probabilidades  $P_U$ ,  $P_V$ ,  $P_W$  e  $P_Z$ .

### 4.7. AVALIAÇÃO DE LX - QUANTIDADE DE PERDA PARA A ESTRUTURA

Considerando a **perda de vida humana** ( $L_1$ ), a nomenclatura já adotada segundo o tipo de dano e os fatores definidos nos itens anteriores, tem-se os valores de perda para cada zona dados por:

$$\text{Dano D1} \quad L_A = r_t \times L_T \times n_Z / n_t \times t_Z / 8760 \quad (13)$$

$$\text{Dano D1} \quad L_U = r_t \times L_T \times n_Z / n_t \times t_Z / 8760 \quad (14)$$

$$\text{Dano D2} \quad L_B = L_V = r_p \times r_f \times h_Z \times L_F \times n_Z / n_t \times t_Z / 8760 \quad (15)$$

$$\text{Dano D3} \quad L_C = L_M = L_W = L_Z = L_O \times n_Z / n_t \times t_Z / 8760 \quad (16)$$

Onde:  $L_T$ ,  $L_F$  e  $L_O$  são os números relativos médios tópicos de vítimas feridas respectivamente por choque elétrico (D1), por danos físicos (D2) e por falha de sistemas internos (D3), devido um evento perigoso, tabelados segundo

o tipo de estrutura no item C.3 do Anexo C da NBR 5419;  $t_z$  é o tempo durante o qual as pessoas estão presentes na zona, expresso em horas por ano; e os demais parâmetros já encontram-se listados nos itens anteriores.

#### **4.8. AVALIAÇÃO DE RX - COMPONENTES DE RISCO**

Como descrito anteriormente no item 1.3.2, o cálculo de cada uma das componentes de risco levará em consideração a densidade de descargas atmosféricas para a terra ( $N_x$ ), a probabilidade de danos ( $P_x$ ) e as perdas ( $L_x$ ).

Como se está considerando apenas a perda de vida humana, serão calculados  $R_A$ ,  $R_U$ ,  $R_B$ ,  $R_V$ ,  $R_C$ ,  $R_M$ ,  $R_W$  e  $R_z$  referentes apenas a essa perda.

##### **4.8.1. Riscos**

Para cada uma das zonas, cada componente de risco será calculada.

##### **4.8.2. Risco Primário Total**

O risco primário total será dado pela soma das componentes de risco. O mesmo deverá ser comparado com o valor de risco tolerável, previsto na Tabela 4 da NBR 5419.

Caso o valor ultrapasse o limite, fazem-se necessárias medidas de proteções adicionais para a instalação.

##### **4.8.3. Risco Total em Relação à Fonte de Dano**

Para cada tipo de risco, serão somadas as componentes que possuem a mesma fonte de dano: direta ( $S_1$ ) ou indireta ( $S_2$ ,  $S_3$  e  $S_4$ ).

##### **4.8.4. Risco Total Primário com Relação ao Tipo de Dano**

Para cada tipo de risco, serão somadas as componentes que possuem o mesmo tipo de dano ( $D_1$ ,  $D_2$  ou  $D_3$ ).

#### **5. ANÁLISE DO NÍVEL DE RISCO DA EDIFICAÇÃO CONSIDERANDO MEDIDAS DE PROTEÇÃO ADICIONAIS**

A fim de se reduzir o risco causado por descargas atmosféricas, combinou-se diferentes medidas de proteção, adotando-se as soluções descritas a seguir. Todo o dimensionamento de risco foi feito novamente considerando as medidas adotadas.

##### **5.1. FATORES DE LINHAS**

- Linha de Energia
- Linha de Telecomunicações

##### **5.2. AVALIAÇÃO DE AX - ÁREA DE EXPOSIÇÃO**

- Avaliação de  $N_x$  - Número Anual de Eventos Perigosos

##### **5.3. AVALIAÇÃO DE PX - PROBABILIDADE DE DANOS PARA A ESTRUTURA**

- Zonas
- Linhas de Energia
- Linhas de Telecomunicações

##### **5.4. AVALIAÇÃO DE LX - QUANTIDADE DE PERDA PARA A ESTRUTURA**

##### **5.5. AVALIAÇÃO DE RX - COMPONENTES DE RISCO**

- Riscos
- Risco Primário Total
- Risco Total em Relação à Fonte de Dano
- Risco Total Primário com Relação ao Tipo de Dano



## 5.6. MEMÓRIA DE CÁLCULO

Consultar memórias dos casos Original e Solucionado da edificação nos Anexo A deste memorial.

## 5.7. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Considerando todas as premissas expostas no Anexo A deste memorial afim de garantir a proteção na estrutura, foi previsto um SPDA Classe IV. Foi utilizado o método de Faraday para proteção da estrutura e para garantir a proteção de pontos salientes, o método de Franklin.

Todo o procedimento apresentado neste memorial está conforme normas técnicas da ABNT, em especial a NBR 5419/2015, que trata da proteção contra descargas atmosféricas, e a NBR 5410/2008, que trata das instalações elétricas de baixa tensão.

## 6. MÉTODO DE PROTEÇÃO CONTRA DESCARGAS ATMOSFÉRICAS SELECIONADO

### 6.1. DESCRIÇÃO DO SPDA

#### 6.1.1. Subsistema de Captação

A malha de captação será constituída de cabo de cobre nu 35 mm<sup>2</sup>. Para a sustentação do cabo serão utilizados suportes-guia galvanizados a fogo, 200mm de altura, com distância mínima de 1m entre si, fixados à alvenaria por parafuso inox M6 x 45mm, com arruela lisa inox Ø1/4" e bucha de nylon nº10, com vedação em poliuretano. Na periferia da malha de captação, deverão ser instalados minicaptadores, do tipo bandeirinha, de diâmetro 10mm e altura 600mm, galvanizados a fogo. A fixação do cabo da malha de captação ao minicaptor será feita por conector bi metálico com rabicho e a fixação do minicaptor à alvenaria será da mesma forma dos suportes-guia.

Quando a malha estiver sobre o telhado, a fixação da mesma ao telhado deve ser feita por meio de fixador universal estanhado para cabo de cobre nu de 35mm<sup>2</sup>.

Além disso, as junções dos rabichos e derivações dos cabos na malha de captação devem ser feitas com conectores de pressão do tipo split-bolt, confeccionados em liga de cobre estanhado.

#### 6.1.2. Subsistema de Descida

A descida do sistema projetado será do tipo externa por meio de suportes-guia galvanizados a fogo, 200mm de altura, com distância mínima de 1m entre si, fixados à alvenaria por parafuso inox M6 x 45mm, com arruela lisa inox Ø1/4" e bucha de nylon nº10, com vedação em poliuretano. Os condutores provenientes da malha de captação serão conectados por conectores de pressão do tipo split-bolt, confeccionados em liga de cobre estanhado. Da mesma forma, os condutores provenientes da malha de aterramento deverão ser conectados aos condutores de descida através de conectores de pressão.

#### 6.1.3. Subsistema de aterramento

Os eletrodos de aterramento são instalados externos ao volume a proteger, a uma distância da ordem de 1 m das fundações da estrutura, como indicado em projeto. Todos os eletrodos de aterramento da edificação são de cobre com seção de 50 mm<sup>2</sup>. Hastes de aterramento verticais tipo copperweld de alta camada (254 microns) Ø5/8" x 3,0 m, instaladas em paralelo, estão uniformemente distribuídas no perímetro da estrutura, espaçadas entre si por uma distância não inferior ao seu comprimento de 3,00 m. Deverão ser usados conectores reforçados em bronze para conexão entre dois cabos e haste de aterramento.

As caixas de inspeção deverão ser do tipo solo, em pvc, com dimensões Ø300 x 300mm. Deverão conter tampa reforçada em ferro fundido com escotilha Ø300mm para passeios e pisos sujeitos a cargas pesadas.

Deverá ser garantida a equipotencialização da malha de aterramento com as estruturas metálicas existentes, bem como com os sistemas elétrico, eletrônico e de telecomunicações dentro do espaço a proteger.

Especificações referentes às formas de ligação entre os componentes da malha de aterramento e do Sistema de Proteção Contra Descargas Atmosféricas estão presentes nas plantas.

#### 6.1.4. Caixa de Equalização

Deverá ser instalada uma caixa de equalização a fim de garantir a equipotencialização de todas as estruturas metálicas existentes. A mesma será composta de um barramento de cobre 150 x 150 x 6.3mm, o qual deverá ser

conectado à malha de aterramento por cabo de 50 mm<sup>2</sup>, em caixa para embutir confeccionada em aço, 200 x 200 x 90mm, com tampa, conforme consta em projeto. Esta caixa de equalização deverá ser instalada abaixo do quadro de distribuição da estrutura, à 30cm do piso.

## 6.2. DIMENSIONAMENTO DO SPDA

### 6.2.1. Malha de Faraday

Será considerado um SPDA Classe IV que requer módulos máximos para a malha de captação como 20m x 20m. Dessa forma, considerando o perímetro da estrutura e os pontos salientes da mesma, serão previstas 8 descidas. A malha de captação será executada com no máximo módulos com espaçamento de 20m.

### 6.2.1. Captor Franklin

Será considerado um captor Franklin de 3m de altura em relação ao telhado da edificação afim de complementar a malha Faraday projetada. Para tanto, considerando um SPDA Classe IV, observa-se que o raio de proteção do captor na projeção do telhado é de 12,99m.

## E. RELAÇÃO DE PRANCHAS QUE COMPÕEM O PROJETO

O projeto básico do SISTEMA DE PROTEÇÃO CONTRA DESCARGAS ATMOSFÉRICAS do Centro de Formação em Ciências Ambientais do Campus Sosígenes Costa da UFSB é composto por este documento e peças gráficas, em via impressa, conforme tabela abaixo mais via digital.

DISCIPLINA	Nº PRANCHA	DESCRIÇÃO
SPD	01-05	PLANTA BAIXA 1º PAVIMENTO - MALHA DE ATERRAMENTO
SPD	02-05	PLANTA BAIXA 2º PAVIMENTO - MALHA DE ATERRAMENTO
SPD	03-05	PLANTA BAIXA 3º PAVIMENTO - SUBSISTEMA DE DESCIDA
SPD	04-05	PLANTA BAIXA 4º PAVIMENTO - SUBSISTEMA DE DESCIDA
SPD	05-05	PLANTA BAIXA COBERTA - MALHA DE CAPTAÇÃO

## F. NOTAS

- Observa-se que quaisquer alterações feitas no projeto e/ou execução sem prévio aviso e consentimento dos autores e/ou coautores do presente, isentar-se-ão os mesmos das responsabilidades legais e técnicas do referido empreendimento;
- Quando uma norma, equipamento ou material for especificado, o mesmo não poderá ser substituído sem a prévia concordância da CONTRATANTE/ FISCALIZAÇÃO, e em nenhuma hipótese a substituição poderá ser por normas ou materiais de requisitos inferiores;

## G. DECLARAÇÃO DE PROTEÇÃO CONTRA DESCARGA ATMOSFÉRICA NÃO NECESSÁRIA

Conforme cálculos desenvolvidos ao longo deste relatório técnico, os riscos (considerado apenas R1: Risco de perda de vida humana) calculados conforme ABNT NBR 5419 2 2015 foram menores que o tolerável mesmo sem a utilização de medidas adicionais de SPDA.

Mesmo com o risco abaixo do tolerável nos dois casos (com e sem medidas adicionais de proteção), a equipe técnica responsável por este relatório técnico optou pela elaboração de um projeto executivo de proteção contra descargas atmosféricas classe IV (projeto constituído das pranchas citadas no Item E deste memorial), deixando a cargo do cliente a opção de execução ou não do mesmo. Estando o cliente ciente que, mesmo o risco calculado sendo abaixo do tolerável, a não instalação das medidas adicionais de proteção contra descargas atmosféricas eleva o risco R1.

**H. DOCUMENTO**

DATA	DESCRIÇÃO	REV.
Agosto/ 2019	Emissão inicial	00

ARQUIVO: UFSB-REIT-SPD-MDS-R0

Responsável Técnico pelo desenvolvimento do MEMORIAL DESCRITIVO E MEMORIAL DE CÁLCULO do projeto básico de SISTEMA DE PROTEÇÃO CONTRA DESCARGAS ATMOSFÉRICAS da REITORIA da UFSB. Em caso de falta de qualquer folha, ou correção deste documento, o fato deve ser comunicado ao AUTOR, pelo menos 48 (quarenta e oito) horas antes de nova avaliação.

Fortaleza, 20 de agosto de 2019.

---

**Eng. Eletricista Carlos Gustavo Castelo Branco**  
Responsável Técnico da Área Elétrica e Eletrônica  
RNP: 060849600-6

## ANEXO A - MEMÓRIA DE CÁLCULO DO SPDA

**NBR-5419:2015**

**SEM SPDA (Sistema de Proteção contra Descargas Atmosféricas)**

**Projeto: Reitoria UFSB**

### 1) Densidade e descargas atmosféricas para a terra [Ng]

$$Ng = 0.6 \text{ [Descargas / km}^2\text{/ano]}$$

Fonte = Mapa - Nordeste

### 2) Geometria da Estrutura

$$\text{Comprimento [L]} = 29 \text{ m}$$

$$\text{Largura [W]} = 28.8 \text{ m}$$

$$\text{Altura [H]} = 16.4 \text{ m}$$

### 3) Ad - Área de exposição equivalente [em m²]

$$Ad = L * W + 2 * (3 * H) * (L + W) + \pi * (3 * H)^2$$

$$Ad = 29 * 28.8 + 2 * (3 * 16.4) * (29 + 28.8) + 3.14159 * (3 * 16.4)^2$$

$$Ad = 14127.38 \text{ m}^2$$

### 4) Fatores de Ponderação

#### 4.1) Fator de Localização da Estrutura PRINCIPAL - Cd (Tabela A.1)

Estrutura cercada por objetos da mesma altura ou mais baixos

$$Cd = 0.5$$

#### 4.2) Comprimento da Linha de Energia

$$Ll = 1000 \text{ [m]}$$

#### 4.3) Fator de Instalação da Linha ENERGIA - Ci (Tabela A.2)

Aéreo

$C_i = 1.0$

#### 4.4) Fator do Tipo de Linha ENERGIA - $C_t$ (Tabela A.3)

Linha de Energia em AT (com transformador AT/BT)

$C_t = 0.2$

#### 4.5) Fator Ambiental da Linha ENERGIA - $C_e$ (Tabela A.4)

Urbano

$C_e = 0.1$

#### 4.6) Comprimento da Linha de Sinal

$L_{lt} = 1000 \text{ [m]}$

#### 4.7) Fator de Instalação da Linha SINAL - $C_{it}$ (Tabela A.2)

Aéreo

$C_{it} = 1.0$

#### 4.8) Fator do Tipo de Linha SINAL - $C_{tt}$ (Tabela A.3)

Linha de Energia ou Sinal

$C_{tt} = 1.0$

#### 4.9) Fator Ambiental da Linha SINAL - $C_{et}$ (Tabela A.4)

Urbano

$C_{et} = 0.1$

#### 4.10) $N_d$ - Número de Eventos Perigosos para a Estrutura [por ano]

$N_d = N_g * A_d * C_d * 10^{-6}$

$N_d = 0.00424$

#### 4.11) $N_m$ - Número médio anual de eventos perigosos devido a descargas

**atmosféricas perto da estrutura [por ano]**

$$\begin{aligned} N_m &= N_g * A_m * 10^{-6} \\ A_m &= 2 * 500 * (L + W) + P_i * 500^2 \\ A_m &= 843198.16 \\ N_m &= 0.50592 \end{aligned}$$

**4.12) NI - Número médio anual de eventos perigosos devido a descargas atmosféricas na linha de Energia [por ano]**

$$\begin{aligned} N_l &= N_g * A_l * C_i * C_e * C_t * 10^{-6} \\ A_l &= 40 * L_l \\ A_l &= 40000 \\ N_l &= 0.00048 \end{aligned}$$

**4.13) Ni - Número médio anual de eventos perigosos devido a descargas atmosféricas perto da linha de Energia [por ano]**

$$\begin{aligned} N_i &= N_g * A_i * C_i * C_e * C_t * 10^{-6} \\ A_i &= 4000 * L_l \\ A_i &= 4000000 \\ N_i &= 0.048 \end{aligned}$$

**4.14) Nlt - Número médio anual de eventos perigosos devido a descargas atmosféricas na linha SINAL [por ano]**

$$\begin{aligned} N_{lt} &= N_g * A_l * C_{it} * C_{et} * C_{tt} * 10^{-6} \\ A_{lt} &= 40 * L_{lt} \\ A_{lt} &= 40000 \\ N_{lt} &= 0.0024 \end{aligned}$$

**4.15) Nit - Número médio anual de eventos perigosos devido a descargas atmosféricas perto da linha SINAL [por ano]**

$$\begin{aligned} N_{it} &= N_g * A_{it} * C_{it} * C_{et} * C_{tt} * 10^{-6} \\ A_{it} &= 4000 * L_{lt} \\ A_{it} &= 4000000 \\ N_{it} &= 0.24 \end{aligned}$$

**4.16) Proteção da Estrutura - Pb (Tabela B.2)**

Estrutura não protegida por SPDA

$$Pb = 1$$

**4.17) Tipo de linha externa Energia - Cld e Cli (Tabela B.4)**

Linha aérea não blindada

$$Cld = 1$$

$$Cli = 1$$

**4.18) Tipo de linha externa SINAL - Cldt e Clit (Tabela B.4)**

Linha aérea não blindada

$$Cldt = 1$$

$$Clit = 1$$

**4.19) Ks1**

Ks1: leva em consideração a eficiência da blindagem por malha da estrutura, SPDA ou outra blindagem na interface ZPR 0/1;

Dentro de uma ZPR, em uma distância de segurança do limite da malha no mínimo igual à largura da malha  $W_m$ ,

fatores Ks1 e Ks2 para SPDA ou blindagem tipo malha espacial podem ser avaliados como:  $Ks1 = 0,12 \times W_m1$

$$Ks1 = 1$$

**4.20) Uw Energia**

Uw: é a tensão suportável nominal de impulso do sistema a ser protegido, expressa em quilovolts (kV).

$$Uw = 2.5$$

**4.21) Ks4 Energia**

Ks4: leva em consideração a tensão suportável de impulso do sistema a ser protegido.  $Ks4 = 1 / Uw$

$$Ks4 = 0.4$$

**4.22) Uwt Sinal**

$$U_{wt} = 1.5$$

#### 4.23) Ks4t Sinal

$$K_{s4t} = 0.67$$

#### 4.24) Nível de Proteção NP - Peb (Tabela B.7)

DPS Classe III e IV

$$P_{eb} = 0.05$$

#### 4.25) Roteamento, blindagem e interligação ENERGIA - Pld (Tabela B.8)

Linha aérea ou enterrada, não blindada ou com a blindagem não interligada ao mesmo

barramento de equipotencialização do equipamento ( $U_w=2.5$ )

$$P_{ld} = 1$$

#### 4.26) Roteamento, blindagem e interligação SINAL - Pldt (Tabela B.8)

Linha aérea ou enterrada, não blindada ou com a blindagem não interligada ao mesmo

barramento de equipotencialização do equipamento ( $U_w=1.5$ )

$$P_{ldt} = 1$$

#### 4.27) Pv - Probabilidade de Descarga na linha de Energia Causar danos físicos

$$P_v = P_{eb} * P_{ld} * C_{ld}$$

$$P_v = 0.05$$

#### 4.28) Pvt - Probabilidade de Descarga na linha de Sinal Causar danos físicos

$$P_{vt} = P_{eb} * P_{ldt} * C_{ldt}$$

$$P_{vt} = 0.05$$

### 5) Zonas da Edificação



## **5.1) Zona: Z1 (Interna)**

### **5.1.1) Número de pessoas na Zona**

$$n_z = 671$$

### **5.1.2) Número total de pessoas na Estrutura**

$$n_t = 671$$

### **5.1.3) Tempo de presença das pessoas na Zona (h/ano)**

$$t_z = 8760$$

### **5.1.4) Tempo de presença das pessoas em locais perigosos fora da estrutura (h/ano)**

$$t_e = 0$$

### **5.1.5) L1 - Perda de vida humana incluindo ferimento permanente**

Considerar

### **5.1.6) L2 - Perda inaceitável de serviço ao público**

Desprezar

### **5.1.7) L3 - Perda inaceitável de patrimônio cultural**

Desprezar

### **5.1.8) L4 - Perda econômica**

Desprezar

#### **5.1.9) Risco de Explosão / Hospitais**

Não

#### **5.1.10) Medidas de Proteção (descargas na linha) - Ptu (Tabela B.6)**

Nenhuma medida de proteção

$P_{tu} = 1$

#### **5.1.11) Ks2**

$K_{s2} = 1$

#### **5.1.12) Nível de Proteção NP ENERGIA - Pspd (Tabela B.3)**

DPS Classe III e IV

$P_{spd} = 0.05$

#### **5.1.13) Fiação Interna ENERGIA - Ks3 (Tabela B.5)**

laços Cabo não blindado - sem preocupação no roteamento no sentido de evitar

Condutores em laço com diferentes roteamentos em grandes edifícios  
(área do laço da ordem de 50 m<sup>2</sup>)

$K_{s3} = 1$

#### **5.1.14) Nível de Proteção NP SINAL - Pspdt (Tabela B.3)**

DPS Classe III e IV

$P_{spdt} = 0.05$

#### **5.1.15) Fiação Interna SINAL - Ks3t (Tabela B.5)**

laços Cabo não blindado - sem preocupação no roteamento no sentido de evitar

Condutores em laço com diferentes roteamentos em grandes edifícios  
(área do laço da ordem de 50 m<sup>2</sup>)

$K_{s3t} = 1$

#### **5.1.16) Pc - Probabilidade de Descarga na Estrutura causar Danos em sistemas internos**

$$P_c = P_{spd} * C_{ld}$$

$$P_c = 0.05$$

#### **5.1.17) Pct - Probabilidade de Descarga na Estrutura causar Danos em sistemas internos SINAL**

$$P_{ct} = P_{spdt} * C_{ldt}$$

$$P_{ct} = 0.05$$

#### **5.1.18) Pms**

$$P_{ms} = (K_{s1} * K_{s2} * K_{s3} * K_{s4})^2$$

$$P_{ms} = 0.16$$

#### **5.1.19) Pmst**

$$P_{mst} = (K_{s1} * K_{s2} * K_{s3t} * K_{s4t})^2$$

$$P_{mst} = 0.4489$$

#### **5.1.20) Pm - Probabilidade de Descarga perto da Estrutura causar Danos em sistemas internos**

$$P_m = P_{spd} * P_{ms}$$

$$P_m = 0.008$$

#### **5.1.21) Pmt - Probabilidade de Descarga perto da Estrutura causar Danos em sistemas internos SINAL**

$$P_{mt} = P_{spdt} * P_{mst}$$

$$P_m = 0.02245$$

#### **5.1.22) Pu - Probabilidade de Descarga na linha causar ferimentos a seres vivos por choque**

$$P_u = P_{tu} * P_{eb} * P_{ld} * C_{ld}$$

$$P_u = 0.05$$

**5.1.23) Put - Probabilidade de Descarga na linha causar ferimentos a seres vivos por choque SINAL**

$$Put = Ptu * Peb * Pldt * Cldt$$

$$Put = 0.05$$

**5.1.24) Pw - Probabilidade de Descarga na linha Causar falha de sistemas internos**

$$Pw = Pspd * Pld * Cld$$

$$Pw = 0.05$$

**5.1.25) Pwt - Probabilidade de Descarga na linha Causar falha de sistemas internos SINAL**

$$Pwt = Pspdt * Pldt * Cldt$$

$$Pwt = 0.05$$

**5.1.26) Pli**

$$Pli \text{ para } Uw = 2.5 \text{ kV}$$

$$Pli = 0.3$$

**5.1.27) Plit**

$$Plit \text{ para } Uwt = 1.5 \text{ kV}$$

$$Plit = 0.5$$

**5.1.28) Pz - Probabilidade de Descarga perto da linha Causar falha de sistemas internos**

$$Pz = Pspd * Pli * Cli$$

$$Pz = 0.015$$

**5.1.29) Pzt - Probabilidade de Descarga perto da linha Causar falha de sistemas internos SINAL**

$$Pzt = Pspdt * Plit * Clit$$

$$P_{zt} = 0.025$$

#### **5.1.30) Medidas de Proteção (descargas na estrutura) - $P_{ta}$ (Tabela B.1)**

Nenhuma medida de Proteção

$$P_{ta} = 1$$

#### **5.1.31) Tipo de superfície do solo ou piso - Fator de redução $r_t$ (Tabela C.3)**

Agricultura, concreto (Resistência de contato  $\leq 1$  ohm)

$$r_t = 0.01$$

#### **5.1.32) Providências para reduzir consequências de incêndio - Fator de redução $r_p$ (Tabela C.4)**

Uma das seguintes providências: extintores, instalações fixas operadas manualmente,

instalações de alarme manuais, hidrantes. compartimentos à prova de fogo,

rotas de escape

$$r_p = 0.5$$

#### **5.1.33) Risco de incêndio ou explosão na estrutura - Fator de redução $r_f$ (Tabela C.5)**

Nenhum Risco de Explosão ou Incêndio

$$r_f = 0$$

#### **5.1.34) Perigo Especial - Fator $h_z$ (Tabela C.6)**

Sem perigo especial

$$h_z = 1$$

#### **5.1.35) $P_a$ - Probabilidade de Descarga na estrutura causar ferimentos a seres vivos por choque**

$$P_a = P_{ta} * P_b$$

$$P_a = 1$$

### **5.1.36) L1 - Perda de vida humana incluindo ferimento permanente**

#### **5.1.36.1) Lt**

$$L_t = 0.01$$

#### **5.1.36.2) D2 - Danos Físicos - Lf (Tabela C.2)**

Não Aplicável

$$L_f = 0$$

#### **5.1.36.3) D3 - Falhas de sistemas internos - Lo (Tabela C.2)**

Não Aplicável

$$L_o = 0$$

#### **5.1.36.4) La**

$$L_a = r_t * L_t * (n_z / n_t) * (t_z / 8760)$$

$$L_a = 0.0001$$

#### **5.1.36.5) Lu**

$$L_u = L_a = 0.0001$$

#### **5.1.36.6) Lb**

$$L_b = r_p * r_f * h_z * L_f * (n_z / n_t) * (t_z / 8760)$$

$$L_b = 0$$

#### **5.1.36.7) Lv**

$$L_v = L_b = 0$$

#### **5.1.36.8) Lc**

$$L_c = L_o * (n_z / n_t) * (t_z / 8760)$$

$$L_c = 0$$

#### 5.1.36.9) Lm Lw Lz

$$L_m = L_w = L_z = L_c = 0$$

### 5.1.37) Riscos [R1] da Zona [Z1 (Interna)]

#### 5.1.37.1) Ra

$$R_a = N_d * P_a * L_a$$

$$R_a = 0.00424 * 1 * 0.0001$$

$$R_a = 0.04238 * 10^{-5}$$

#### 5.1.37.2) Rb

$$R_b = N_d * P_b * L_b$$

$$R_b = 0.00424 * 1 * 0$$

$$R_b = 0$$

#### 5.1.37.3) Ru

$$R_u = (N_l + N_{dj}) * P_u * L_u$$

$$R_u = (0.00048 + 0) * 0.05 * 0.0001$$

$$R_u = 0.024 * 10^{-7}$$

#### 5.1.37.4) Rut

$$R_{ut} = (N_{lt} + N_{dj1}) * P_{ut} * L_u$$

$$R_{ut} = (0.0024 + 0) * 0.05 * 0.0001$$

$$R_{ut} = 0.012 * 10^{-6}$$

#### 5.1.37.5) Rv

$$R_v = (N_l + N_{dj}) * P_v * L_v$$

$$R_v = (0.00048 + 0) * 0.05 * 0$$

$$R_v = 0$$

**5.1.37.6) Rvt**

$$R_{vt} = (N_{lt} + N_{dj1}) * P_{vt} * L_v$$

$$R_{vt} = (0.0024 + 0) * 0.05 * 0$$

$$R_{vt} = 0$$

**5.1.37.7) R1z**

$$R_{1z} = R_a + R_b + R_u + R_v + R_{ut} + R_{vt}$$

$$R_{1z} = 0.04238 * 10^{-5} + 0 + 0.024 * 10^{-7} + 0 + 0.012 * 10^{-6} + 0$$

$$R_{1z} = 0.0438 \times 10^{-5}$$

**5.2) Zona: Z1 (Externa)****5.2.1) Número de pessoas na Zona**

$$n_z = 67$$

**5.2.2) Número total de pessoas na Estrutura**

$$n_t = 671$$

**5.2.3) Tempo de presença das pessoas na Zona (h/ano)**

$$t_z = 8760$$

**5.2.4) Tempo de presença das pessoas em locais perigosos fora da estrutura (h/ano)**

$$t_e = 0$$

**5.2.5) L1 - Perda de vida humana incluindo ferimento permanente**

Considerar



#### **5.2.6) L2 - Perda inaceitável de serviço ao público**

Desprezar

#### **5.2.7) L3 - Perda inaceitável de patrimônio cultural**

Desprezar

#### **5.2.8) L4 - Perda econômica**

Desprezar

#### **5.2.9) Risco de Explosão / Hospitais**

Não

#### **5.2.10) Medidas de Proteção (descargas na linha) - Ptu (Tabela B.6)**

Não aplicável (área externa)

Ptu = 0

#### **5.2.11) Ks2**

Ks2 = 1

#### **5.2.12) Nível de Proteção NP ENERGIA - Pspd (Tabela B.3)**

DPS Classe III e IV

Pspd = 0.05

#### **5.2.13) Fiação Interna ENERGIA - Ks3 (Tabela B.5)**

laços Cabo não blindado - sem preocupação no roteamento no sentido de evitar

Condutores em laço com diferentes roteamentos em grandes edifícios  
(área do laço da ordem de 50 m<sup>2</sup>)

Ks3 = 1

**5.2.14) Nível de Proteção NP SINAL - Pspdt (Tabela B.3)**

DPS Classe III e IV

$P_{spdt} = 0.05$

**5.2.15) Fiação Interna SINAL - Ks3t (Tabela B.5)**

Cabo não blindado - sem preocupação no roteamento no sentido de evitar laços

Condutores em laço com diferentes roteamentos em grandes edifícios  
(área do laço da ordem de 50 m<sup>2</sup>)

$K_{s3t} = 1$

**5.2.16) Pc - Probabilidade de Descarga na Estrutura causar Danos em sistemas internos**

$P_c = P_{spd} * C_{ld}$

$P_c = 0.05$

**5.2.17) Pct - Probabilidade de Descarga na Estrutura causar Danos em sistemas internos SINAL**

$P_{ct} = P_{spdt} * C_{ldt}$

$P_{ct} = 0.05$

**5.2.18) Pms**

$P_{ms} = (K_{s1} * K_{s2} * K_{s3} * K_{s4})^2$

$P_{ms} = 0.16$

**5.2.19) Pmst**

$P_{mst} = (K_{s1} * K_{s2} * K_{s3t} * K_{s4t})^2$

$P_{mst} = 0.4489$

**5.2.20) Pm - Probabilidade de Descarga perto da Estrutura causar Danos em sistemas internos**

$P_m = P_{spd} * P_{ms}$

$$P_m = 0.008$$

#### **5.2.21) Pmt - Probabilidade de Descarga perto da Estrutura causar Danos em sistemas internos SINAL**

$$P_{mt} = P_{spdt} * P_{mst}$$

$$P_m = 0.02245$$

#### **5.2.22) Pu - Probabilidade de Descarga na linha causar ferimentos a seres vivos por choque**

$$P_u = P_{tu} * P_{eb} * P_{ld} * C_{ld}$$

$$P_u = 0$$

#### **5.2.23) Put - Probabilidade de Descarga na linha causar ferimentos a seres vivos por choque SINAL**

$$P_{ut} = P_{tu} * P_{eb} * P_{ldt} * C_{ldt}$$

$$P_{ut} = 0$$

#### **5.2.24) Pw - Probabilidade de Descarga na linha Causar falha de sistemas internos**

$$P_w = P_{spd} * P_{ld} * C_{ld}$$

$$P_w = 0.05$$

#### **5.2.25) Pwt - Probabilidade de Descarga na linha Causar falha de sistemas internos SINAL**

$$P_{wt} = P_{spdt} * P_{ldt} * C_{ldt}$$

$$P_{wt} = 0.05$$

#### **5.2.26) Pli**

$$P_{li} \text{ para } U_w = 2.5 \text{ kV}$$

$$P_{li} = 0.3$$

#### **5.2.27) Plit**

Plit para Uwt = 1.5 kV

Plit = 0.5

#### **5.2.28) Pz - Probabilidade de Descarga perto da linha Causar falha de sistemas internos**

$P_z = P_{spd} * P_{li} * C_{li}$

Pz = 0.015

#### **5.2.29) Pzt - Probabilidade de Descarga perto da linha Causar falha de sistemas internos SINAL**

$P_{zt} = P_{spdt} * P_{lit} * C_{lit}$

Pzt = 0.025

#### **5.2.30) Medidas de Proteção (descargas na estrutura) - Pta (Tabela B.1)**

Nenhuma medida de Proteção

Pta = 1

#### **5.2.31) Tipo de superfície do solo ou piso - Fator de redução rt (Tabela C.3)**

Agricultura, concreto (Resistência de contato  $\leq 1$  ohm)

rt = 0.01

#### **5.2.32) Providências para reduzir consequências de incêndio - Fator de redução rp (Tabela C.4)**

Uma das seguintes providências: extintores, instalações fixas operadas manualmente,

instalações de alarme manuais, hidrantes. compartimentos à prova de fogo,

rotas de escape

rp = 0.5

#### **5.2.33) Risco de incêndio ou explosão na estrutura - Fator de redução rf (Tabela C.5)**

Nenhum Risco de Explosão ou Incêndio

rf = 0

#### 5.2.34) Perigo Especial - Fator $h_z$ (Tabela C.6)

Sem perigo especial

$$h_z = 1$$

#### 5.2.35) $P_a$ - Probabilidade de Descarga na estrutura causar ferimentos a seres vivos por choque

$$P_a = P_{ta} * P_b$$

$$P_a = 1$$

#### 5.2.36) $L_1$ - Perda de vida humana incluindo ferimento permanente

##### 5.2.36.1) $L_t$

$$L_t = 0.01$$

##### 5.2.36.2) $D_2$ - Danos Físicos - $L_f$ (Tabela C.2)

Não Aplicável

$$L_f = 0$$

##### 5.2.36.3) $D_3$ - Falhas de sistemas internos - $L_o$ (Tabela C.2)

Não Aplicável

$$L_o = 0$$

##### 5.2.36.4) $L_a$

$$L_a = r_t * L_t * (n_z / n_t) * (t_z / 8760)$$

$$L_a = 0.00999 * 10^{-3}$$

##### 5.2.36.5) $L_u$

$$L_u = L_a = 0.00999 * 10^{-3}$$

**5.2.36.6) Lb**

$$Lb = rp * rf * hz * Lf * (nz / nt) * (tz / 8760)$$
$$Lb = 0$$

**5.2.36.7) Lv**

$$Lv = Lb = 0$$

**5.2.36.8) Lc**

$$Lc = Lo * (nz / nt) * (tz / 8760)$$
$$Lc = 0$$

**5.2.36.9) Lm Lw Lz**

$$Lm = Lw = Lz = Lc = 0$$

**5.2.37) Riscos [R1] da Zona [Z1 (Externa)]****5.2.37.1) Ra**

$$Ra = Nd * Pa * La$$
$$Ra = 0.00424 * 1 * 0.00999 * 10^{-3}$$
$$Ra = 0.04232 * 10^{-6}$$

**5.2.37.2) Rb**

$$Rb = Nd * Pb * Lb$$
$$Rb = 0.00424 * 1 * 0$$
$$Rb = 0$$

**5.2.37.3) Ru**

$$Ru = (Nl + Ndj) * Pu * Lu$$
$$Ru = (0.00048 + 0) * 0 * 0.00999 * 10^{-3}$$

$$R_u = 0$$

#### 5.2.37.4) $R_{ut}$

$$R_{ut} = (N_{lt} + N_{dj1}) * P_{ut} * L_u$$

$$R_{ut} = (0.0024 + 0) * 0 * 0.00999 * 10^{-3}$$

$$R_{ut} = 0$$

#### 5.2.37.5) $R_v$

$$R_v = (N_l + N_{dj}) * P_v * L_v$$

$$R_v = (0.00048 + 0) * 0.05 * 0$$

$$R_v = 0$$

#### 5.2.37.6) $R_{vt}$

$$R_{vt} = (N_{lt} + N_{dj1}) * P_{vt} * L_v$$

$$R_{vt} = (0.0024 + 0) * 0.05 * 0$$

$$R_{vt} = 0$$

#### 5.2.37.7) $R_{1z}$

$$R_{1z} = R_a + R_b + R_u + R_v + R_{ut} + R_{vt}$$

$$R_{1z} = 0.04232 * 10^{-6} + 0 + 0 + 0 + 0 + 0$$

$$R_{1z} = 0.00423 \times 10^{-5}$$

### 6) Risco Total

#### 6.1) $R_1$

$$R_a + R_b = 0.0466 \times 10^{-5}$$

$$R_1 = 0.0481 \times 10^{-5}$$

$$R_{t1} = 1 \times 10^{-5}$$

$$R_1 \leq R_{t1}$$

$$(R_a + R_b) \leq R_{t1}$$

[OK]

## 6.2) Estrutura Protegida.

$R1 \leq R_{t1}$

Arquivo: T:\Projetos\Projetos GPS\PROJETOS 2019\19. UFSB Reitoria\03.  
Complementares\SPD - SPDA\RELATORIO COM DPS E SEM SPDA.rtf



**NBR-5419:2015**

**COM SPDA (Sistema de Proteção contra Descargas Atmosféricas)**

**Projeto: Reitoria UFSB**

### **1) Densidade e descargas atmosféricas para a terra [Ng]**

$$Ng = 0.6 \text{ [Descargas / km}^2\text{/ano]}$$

Fonte = Mapa - Nordeste

### **2) Geometria da Estrutura**

$$\text{Comprimento [L]} = 29 \text{ m}$$

$$\text{Largura [W]} = 28.8 \text{ m}$$

$$\text{Altura [H]} = 16.4 \text{ m}$$

### **3) Ad - Área de exposição equivalente [em m²]**

$$Ad = L * W + 2 * (3 * H) * (L + W) + \pi * (3 * H)^2$$

$$Ad = 29 * 28.8 + 2 * (3 * 16.4) * (29 + 28.8) + 3.14159 * (3 * 16.4)^2$$

$$Ad = 14127.38 \text{ m}^2$$

### **4) Fatores de Ponderação**

#### **4.1) Fator de Localização da Estrutura PRINCIPAL - Cd (Tabela A.1)**

Estrutura cercada por objetos da mesma altura ou mais baixos

$$Cd = 0.5$$

#### **4.2) Comprimento da Linha de Energia**

$$Ll = 1000 \text{ [m]}$$

#### **4.3) Fator de Instalação da Linha ENERGIA - Ci (Tabela A.2)**

Aéreo

$$Ci = 1.0$$

#### 4.4) Fator do Tipo de Linha ENERGIA - Ct (Tabela A.3)

Linha de Energia em AT (com transformador AT/BT)

$$C_t = 0.2$$

#### 4.5) Fator Ambiental da Linha ENERGIA - Ce (Tabela A.4)

Urbano

$$C_e = 0.1$$

#### 4.6) Comprimento da Linha de Sinal

$$L_{lt} = 1000 \text{ [m]}$$

#### 4.7) Fator de Instalação da Linha SINAL - Cit (Tabela A.2)

Aéreo

$$C_{it} = 1.0$$

#### 4.8) Fator do Tipo de Linha SINAL - Ctt (Tabela A.3)

Linha de Energia ou Sinal

$$C_{tt} = 1.0$$

#### 4.9) Fator Ambiental da Linha SINAL - Cet (Tabela A.4)

Urbano

$$C_{et} = 0.1$$

#### 4.10) Nd - Número de Eventos Perigosos para a Estrutura [por ano]

$$N_d = N_g * A_d * C_d * 10^{-6}$$

$$N_d = 0.00424$$

#### 4.11) Nm - Número médio anual de eventos perigosos devido a descargas atmosféricas perto da estrutura [por ano]

$$\begin{aligned} N_m &= N_g * A_m * 10^{-6} \\ A_m &= 2 * 500 * (L + W) + P_i * 500^2 \\ A_m &= 843198.16 \\ N_m &= 0.50592 \end{aligned}$$

#### **4.12) NI - Número médio anual de eventos perigosos devido a descargas atmosféricas na linha de Energia [por ano]**

$$\begin{aligned} N_l &= N_g * A_l * C_i * C_e * C_t * 10^{-6} \\ A_l &= 40 * L_l \\ A_l &= 40000 \\ N_l &= 0.00048 \end{aligned}$$

#### **4.13) Ni - Número médio anual de eventos perigosos devido a descargas atmosféricas perto da linha de Energia [por ano]**

$$\begin{aligned} N_i &= N_g * A_i * C_i * C_e * C_t * 10^{-6} \\ A_i &= 4000 * L_l \\ A_i &= 4000000 \\ N_i &= 0.048 \end{aligned}$$

#### **4.14) Nlt - Número médio anual de eventos perigosos devido a descargas atmosféricas na linha SINAL [por ano]**

$$\begin{aligned} N_{lt} &= N_g * A_l * C_{it} * C_{et} * C_{tt} * 10^{-6} \\ A_{lt} &= 40 * L_{lt} \\ A_{lt} &= 40000 \\ N_{lt} &= 0.0024 \end{aligned}$$

#### **4.15) Nit - Número médio anual de eventos perigosos devido a descargas atmosféricas perto da linha SINAL [por ano]**

$$\begin{aligned} N_{it} &= N_g * A_{it} * C_{it} * C_{et} * C_{tt} * 10^{-6} \\ A_{it} &= 4000 * L_{lt} \\ A_{it} &= 4000000 \\ N_{it} &= 0.24 \end{aligned}$$

#### **4.16) Proteção da Estrutura - Pb (Tabela B.2)**

Estrutura protegida por SPDA - Classe IV

$P_b = 0.2$

#### 4.17) Tipo de linha externa Energia - Cld e Cli (Tabela B.4)

Linha aérea não blindada

$C_{ld} = 1$

$C_{li} = 1$

#### 4.18) Tipo de linha externa SINAL - Cldt e Clit (Tabela B.4)

Linha aérea não blindada

$C_{ldt} = 1$

$C_{lit} = 1$

#### 4.19) Ks1

Ks1: leva em consideração a eficiência da blindagem por malha da estrutura, SPDA ou outra blindagem na interface ZPR 0/1;

Dentro de uma ZPR, em uma distância de segurança do limite da malha no mínimo igual à largura da malha  $W_m$ ,

fatores Ks1 e Ks2 para SPDA ou blindagem tipo malha espacial podem ser avaliados como:  $K_{s1} = 0,12 \times W_{m1}$

$K_{s1} = 1$

#### 4.20) Uw Energia

Uw: é a tensão suportável nominal de impulso do sistema a ser protegido, expressa em quilovolts (kV).

$U_w = 2.5$

#### 4.21) Ks4 Energia

Ks4: leva em consideração a tensão suportável de impulso do sistema a ser protegido.  $K_{s4} = 1 / U_w$

$K_{s4} = 0.4$

#### 4.22) Uwt Sinal

$U_{wt} = 1.5$

#### 4.23) Ks4t Sinal

$$Ks4t = 0.67$$

#### 4.24) Nível de Proteção NP - Peb (Tabela B.7)

DPS Classe III e IV

$$Peb = 0.05$$

#### 4.25) Roteamento, blindagem e interligação ENERGIA - Pld (Tabela B.8)

Linha aérea ou enterrada, não blindada ou com a blindagem não interligada ao mesmo

barramento de equipotencialização do equipamento ( $U_w=2.5$ )

$$Pld = 1$$

#### 4.26) Roteamento, blindagem e interligação SINAL - Pldt (Tabela B.8)

Linha aérea ou enterrada, não blindada ou com a blindagem não interligada ao mesmo

barramento de equipotencialização do equipamento ( $U_w=1.5$ )

$$Pldt = 1$$

#### 4.27) Pv - Probabilidade de Descarga na linha de Energia Causar danos físicos

$$Pv = Peb * Pld * Cld$$

$$Pv = 0.05$$

#### 4.28) Pvt - Probabilidade de Descarga na linha de Sinal Causar danos físicos

$$Pvt = Peb * Pldt * Cldt$$

$$Pvt = 0.05$$

### 5) Zonas da Edificação

#### 5.1) Zona: Z1 (Interna)

#### **5.1.1) Número de pessoas na Zona**

$$nz = 671$$

#### **5.1.2) Número total de pessoas na Estrutura**

$$nt = 671$$

#### **5.1.3) Tempo de presença das pessoas na Zona (h/ano)**

$$tz = 8760$$

#### **5.1.4) Tempo de presença das pessoas em locais perigosos fora da estrutura (h/ano)**

$$te = 0$$

#### **5.1.5) L1 - Perda de vida humana incluindo ferimento permanente**

Considerar

#### **5.1.6) L2 - Perda inaceitável de serviço ao público**

Desprezar

#### **5.1.7) L3 - Perda inaceitável de patrimônio cultural**

Desprezar

#### **5.1.8) L4 - Perda econômica**

Desprezar

#### **5.1.9) Risco de Explosão / Hospitais**

Não

#### **5.1.10) Medidas de Proteção (descargas na linha) - Ptu (Tabela B.6)**

Nenhuma medida de proteção

$P_{tu} = 1$

#### **5.1.11) Ks2**

$K_{s2} = 1$

#### **5.1.12) Nível de Proteção NP ENERGIA - Pspd (Tabela B.3)**

DPS Classe III e IV

$P_{spd} = 0.05$

#### **5.1.13) Fiação Interna ENERGIA - Ks3 (Tabela B.5)**

Cabo não blindado - sem preocupação no roteamento no sentido de evitar laços

Condutores em laço com diferentes roteamentos em grandes edifícios  
(área do laço da ordem de 50 m<sup>2</sup>)

$K_{s3} = 1$

#### **5.1.14) Nível de Proteção NP SINAL - Pspdt (Tabela B.3)**

DPS Classe III e IV

$P_{spdt} = 0.05$

#### **5.1.15) Fiação Interna SINAL - Ks3t (Tabela B.5)**

Cabo não blindado - sem preocupação no roteamento no sentido de evitar laços

Condutores em laço com diferentes roteamentos em grandes edifícios  
(área do laço da ordem de 50 m<sup>2</sup>)

$K_{s3t} = 1$

#### **5.1.16) Pc - Probabilidade de Descarga na Estrutura causar Danos em sistemas internos**

$$P_c = P_{spd} * C_{ld}$$

$$P_c = 0.05$$

#### **5.1.17) Pct - Probabilidade de Descarga na Estrutura causar Danos em sistemas internos SINAL**

$$P_{ct} = P_{spdt} * C_{ldt}$$

$$P_{ct} = 0.05$$

#### **5.1.18) Pms**

$$P_{ms} = (K_{s1} * K_{s2} * K_{s3} * K_{s4})^2$$

$$P_{ms} = 0.16$$

#### **5.1.19) Pmst**

$$P_{mst} = (K_{s1} * K_{s2} * K_{s3t} * K_{s4t})^2$$

$$P_{mst} = 0.4489$$

#### **5.1.20) Pm - Probabilidade de Descarga perto da Estrutura causar Danos em sistemas internos**

$$P_m = P_{spd} * P_{ms}$$

$$P_m = 0.008$$

#### **5.1.21) Pmt - Probabilidade de Descarga perto da Estrutura causar Danos em sistemas internos SINAL**

$$P_{mt} = P_{spdt} * P_{mst}$$

$$P_m = 0.02245$$

#### **5.1.22) Pu - Probabilidade de Descarga na linha causar ferimentos a seres vivos por choque**

$$P_u = P_{tu} * P_{eb} * P_{ld} * C_{ld}$$

$$P_u = 0.05$$

#### **5.1.23) Put - Probabilidade de Descarga na linha causar ferimentos a seres vivos**



**por choque SINAL**

$$P_{ut} = P_{tu} * P_{eb} * P_{ldt} * C_{ldt}$$

$$P_{ut} = 0.05$$

**5.1.24) Pw - Probabilidade de Descarga na linha Causar falha de sistemas internos**

$$P_w = P_{spd} * P_{ld} * C_{ld}$$

$$P_w = 0.05$$

**5.1.25) Pwt - Probabilidade de Descarga na linha Causar falha de sistemas internos SINAL**

$$P_{wt} = P_{spdt} * P_{ldt} * C_{ldt}$$

$$P_{wt} = 0.05$$

**5.1.26) Pli**

$$P_{li} \text{ para } U_w = 2.5 \text{ kV}$$

$$P_{li} = 0.3$$

**5.1.27) Plit**

$$P_{lit} \text{ para } U_{wt} = 1.5 \text{ kV}$$

$$P_{lit} = 0.5$$

**5.1.28) Pz - Probabilidade de Descarga perto da linha Causar falha de sistemas internos**

$$P_z = P_{spd} * P_{li} * C_{li}$$

$$P_z = 0.015$$

**5.1.29) Pzt - Probabilidade de Descarga perto da linha Causar falha de sistemas internos SINAL**

$$P_{zt} = P_{spdt} * P_{lit} * C_{lit}$$

$$P_{zt} = 0.025$$

#### **5.1.30) Medidas de Proteção (descargas na estrutura) - Pta (Tabela B.1)**

Nenhuma medida de Proteção

$Pta = 1$

#### **5.1.31) Tipo de superfície do solo ou piso - Fator de redução $r_t$ (Tabela C.3)**

Agricultura, concreto (Resistência de contato  $\leq 1 \text{ ohm}$ )

$r_t = 0.01$

#### **5.1.32) Providências para reduzir consequências de incêndio - Fator de redução $r_p$ (Tabela C.4)**

Uma das seguintes providências: extintores, instalações fixas operadas manualmente,

instalações de alarme manuais, hidrantes. compartimentos à prova de fogo,

rotas de escape

$r_p = 0.5$

#### **5.1.33) Risco de incêndio ou explosão na estrutura - Fator de redução $r_f$ (Tabela C.5)**

Nenhum Risco de Explosão ou Incêndio

$r_f = 0$

#### **5.1.34) Perigo Especial - Fator $h_z$ (Tabela C.6)**

Sem perigo especial

$h_z = 1$

#### **5.1.35) $P_a$ - Probabilidade de Descarga na estrutura causar ferimentos a seres vivos por choque**

$P_a = P_{ta} * P_b$

$P_a = 0.2$

#### **5.1.36) L1 - Perda de vida humana incluindo ferimento permanente**

#### 5.1.36.1) Lt

$$L_t = 0.01$$

#### 5.1.36.2) D2 - Danos Físicos - Lf (Tabela C.2)

Não Aplicável

$$L_f = 0$$

#### 5.1.36.3) D3 - Falhas de sistemas internos - Lo (Tabela C.2)

Não Aplicável

$$L_o = 0$$

#### 5.1.36.4) La

$$L_a = r_t * L_t * (n_z / n_t) * (t_z / 8760)$$

$$L_a = 0.0001$$

#### 5.1.36.5) Lu

$$L_u = L_a = 0.0001$$

#### 5.1.36.6) Lb

$$L_b = r_p * r_f * h_z * L_f * (n_z / n_t) * (t_z / 8760)$$

$$L_b = 0$$

#### 5.1.36.7) Lv

$$L_v = L_b = 0$$

#### 5.1.36.8) Lc

$$L_c = L_o * (n_z / n_t) * (t_z / 8760)$$

$$L_c = 0$$

**5.1.36.9) Lm Lw Lz**

$$L_m = L_w = L_z = L_c = 0$$

**5.1.37) Riscos [R1] da Zona [Z1 (Interna)]****5.1.37.1) Ra**

$$\begin{aligned} R_a &= N_d * P_a * L_a \\ R_a &= 0.00424 * 0.2 * 0.0001 \\ R_a &= 0.00848 * 10^{-5} \end{aligned}$$

**5.1.37.2) Rb**

$$\begin{aligned} R_b &= N_d * P_b * L_b \\ R_b &= 0.00424 * 0.2 * 0 \\ R_b &= 0 \end{aligned}$$

**5.1.37.3) Ru**

$$\begin{aligned} R_u &= (N_l + N_{dj}) * P_u * L_u \\ R_u &= (0.00048 + 0) * 0.05 * 0.0001 \\ R_u &= 0.024 * 10^{-7} \end{aligned}$$

**5.1.37.4) Rut**

$$\begin{aligned} R_{ut} &= (N_{lt} + N_{dj1}) * P_{ut} * L_u \\ R_{ut} &= (0.0024 + 0) * 0.05 * 0.0001 \\ R_{ut} &= 0.012 * 10^{-6} \end{aligned}$$

**5.1.37.5) Rv**

$$\begin{aligned} R_v &= (N_l + N_{dj}) * P_v * L_v \\ R_v &= (0.00048 + 0) * 0.05 * 0 \\ R_v &= 0 \end{aligned}$$

**5.1.37.6) Rvt**

$$Rvt = (Nlt + Ndjl) * Pvt * Lv$$

$$Rvt = (0.0024 + 0) * 0.05 * 0$$

$$Rvt = 0$$

**5.1.37.7) R1z**

$$R1z = Ra + Rb + Ru + Rv + Rut + Rvt$$

$$R1z = 0.00848 * 10^{-5} + 0 + 0.024 * 10^{-7} + 0 + 0.012 * 10^{-6} + 0$$

$$R1z = 0.00992 \times 10^{-5}$$

**5.2) Zona: Z1 (Externa)****5.2.1) Número de pessoas na Zona**

$$nz = 67$$

**5.2.2) Número total de pessoas na Estrutura**

$$nt = 671$$

**5.2.3) Tempo de presença das pessoas na Zona (h/ano)**

$$tz = 8760$$

**5.2.4) Tempo de presença das pessoas em locais perigosos fora da estrutura (h/ano)**

$$te = 0$$

**5.2.5) L1 - Perda de vida humana incluindo ferimento permanente**

Considerar

**5.2.6) L2 - Perda inaceitável de serviço ao público**

Desprezar

#### **5.2.7) L3 - Perda inaceitável de patrimônio cultural**

Desprezar

#### **5.2.8) L4 - Perda econômica**

Desprezar

#### **5.2.9) Risco de Explosão / Hospitais**

Não

#### **5.2.10) Medidas de Proteção (descargas na linha) - Ptu (Tabela B.6)**

Não aplicável (área externa)

$P_{tu} = 0$

#### **5.2.11) Ks2**

$K_{s2} = 1$

#### **5.2.12) Nível de Proteção NP ENERGIA - Pspd (Tabela B.3)**

DPS Classe III e IV

$P_{spd} = 0.05$

#### **5.2.13) Fiação Interna ENERGIA - Ks3 (Tabela B.5)**

Cabo não blindado - sem preocupação no roteamento no sentido de evitar laços

Condutores em laço com diferentes roteamentos em grandes edifícios (área do laço da ordem de 50 m<sup>2</sup>)

$K_{s3} = 1$

#### **5.2.14) Nível de Proteção NP SINAL - Pspdt (Tabela B.3)**

DPS Classe III e IV

$P_{spdt} = 0.05$

#### 5.2.15) Fiação Interna SINAL - Ks3t (Tabela B.5)

Cabo não blindado - sem preocupação no roteamento no sentido de evitar laços

Condutores em laço com diferentes roteamentos em grandes edifícios  
(área do laço da ordem de 50 m<sup>2</sup>)

$K_{s3t} = 1$

#### 5.2.16) $P_c$ - Probabilidade de Descarga na Estrutura causar Danos em sistemas internos

$P_c = P_{spd} * C_{ld}$

$P_c = 0.05$

#### 5.2.17) $P_{ct}$ - Probabilidade de Descarga na Estrutura causar Danos em sistemas internos SINAL

$P_{ct} = P_{spdt} * C_{ldt}$

$P_{ct} = 0.05$

#### 5.2.18) $P_{ms}$

$P_{ms} = (K_{s1} * K_{s2} * K_{s3} * K_{s4})^2$

$P_{ms} = 0.16$

#### 5.2.19) $P_{mst}$

$P_{mst} = (K_{s1} * K_{s2} * K_{s3t} * K_{s4t})^2$

$P_{mst} = 0.4489$

#### 5.2.20) $P_m$ - Probabilidade de Descarga perto da Estrutura causar Danos em sistemas internos

$P_m = P_{spd} * P_{ms}$

$P_m = 0.008$

#### **5.2.21) Pmt - Probabilidade de Descarga perto da Estrutura causar Danos em sistemas internos SINAL**

$$P_{mt} = P_{spdt} * P_{mst}$$

$$P_m = 0.02245$$

#### **5.2.22) Pu - Probabilidade de Descarga na linha causar ferimentos a seres vivos por choque**

$$P_u = P_{tu} * P_{eb} * P_{ld} * C_{ld}$$

$$P_u = 0$$

#### **5.2.23) Put - Probabilidade de Descarga na linha causar ferimentos a seres vivos por choque SINAL**

$$P_{ut} = P_{tu} * P_{eb} * P_{ldt} * C_{ldt}$$

$$P_{ut} = 0$$

#### **5.2.24) Pw - Probabilidade de Descarga na linha Causar falha de sistemas internos**

$$P_w = P_{spd} * P_{ld} * C_{ld}$$

$$P_w = 0.05$$

#### **5.2.25) Pwt - Probabilidade de Descarga na linha Causar falha de sistemas internos SINAL**

$$P_{wt} = P_{spdt} * P_{ldt} * C_{ldt}$$

$$P_{wt} = 0.05$$

#### **5.2.26) Pli**

$$P_{li} \text{ para } U_w = 2.5 \text{ kV}$$

$$P_{li} = 0.3$$

#### **5.2.27) Plit**

$$P_{lit} \text{ para } U_{wt} = 1.5 \text{ kV}$$



$$P_{lit} = 0.5$$

#### **5.2.28) Pz - Probabilidade de Descarga perto da linha Causar falha de sistemas internos**

$$P_z = P_{spd} * P_{li} * C_{li}$$

$$P_z = 0.015$$

#### **5.2.29) Pzt - Probabilidade de Descarga perto da linha Causar falha de sistemas internos SINAL**

$$P_{zt} = P_{spdt} * P_{lit} * C_{lit}$$

$$P_{zt} = 0.025$$

#### **5.2.30) Medidas de Proteção (descargas na estrutura) - Pta (Tabela B.1)**

Nenhuma medida de Proteção

$$P_{ta} = 1$$

#### **5.2.31) Tipo de superfície do solo ou piso - Fator de redução rt (Tabela C.3)**

Agricultura, concreto (Resistência de contato  $\leq 1$  ohm)

$$r_t = 0.01$$

#### **5.2.32) Providências para reduzir consequências de incêndio - Fator de redução rp (Tabela C.4)**

Uma das seguintes providências: extintores, instalações fixas operadas manualmente,

instalações de alarme manuais, hidrantes. compartimentos à prova de fogo,

rotas de escape

$$r_p = 0.5$$

#### **5.2.33) Risco de incêndio ou explosão na estrutura - Fator de redução rf (Tabela C.5)**

Nenhum Risco de Explosão ou Incêndio

$$r_f = 0$$

#### 5.2.34) Perigo Especial - Fator $h_z$ (Tabela C.6)

Sem perigo especial

$$h_z = 1$$

#### 5.2.35) $P_a$ - Probabilidade de Descarga na estrutura causar ferimentos a seres vivos por choque

$$P_a = P_{ta} * P_b$$

$$P_a = 0.2$$

#### 5.2.36) $L_1$ - Perda de vida humana incluindo ferimento permanente

##### 5.2.36.1) $L_t$

$$L_t = 0.01$$

##### 5.2.36.2) $D_2$ - Danos Físicos - $L_f$ (Tabela C.2)

Não Aplicável

$$L_f = 0$$

##### 5.2.36.3) $D_3$ - Falhas de sistemas internos - $L_o$ (Tabela C.2)

Não Aplicável

$$L_o = 0$$

##### 5.2.36.4) $L_a$

$$L_a = r_t * L_t * (n_z / n_t) * (t_z / 8760)$$

$$L_a = 0.00999 * 10^{-3}$$

##### 5.2.36.5) $L_u$

$$L_u = L_a = 0.00999 * 10^{-3}$$

**5.2.36.6) Lb**

$$Lb = rp * rf * hz * Lf * (nz / nt) * (tz / 8760)$$
$$Lb = 0$$

**5.2.36.7) Lv**

$$Lv = Lb = 0$$

**5.2.36.8) Lc**

$$Lc = Lo * (nz / nt) * (tz / 8760)$$
$$Lc = 0$$

**5.2.36.9) Lm Lw Lz**

$$Lm = Lw = Lz = Lc = 0$$

**5.2.37) Riscos [R1] da Zona [Z1 (Externa)]****5.2.37.1) Ra**

$$Ra = Nd * Pa * La$$
$$Ra = 0.00424 * 0.2 * 0.00999 * 10^{-3}$$
$$Ra = 0.00846 * 10^{-6}$$

**5.2.37.2) Rb**

$$Rb = Nd * Pb * Lb$$
$$Rb = 0.00424 * 0.2 * 0$$
$$Rb = 0$$

**5.2.37.3) Ru**

$$Ru = (Nl + Ndj) * Pu * Lu$$
$$Ru = (0.00048 + 0) * 0 * 0.00999 * 10^{-3}$$

$$R_u = 0$$

#### 5.2.37.4) $R_{ut}$

$$R_{ut} = (N_{lt} + N_{dj1}) * P_{ut} * L_u$$

$$R_{ut} = (0.0024 + 0) * 0 * 0.00999 * 10^{-3}$$

$$R_{ut} = 0$$

#### 5.2.37.5) $R_v$

$$R_v = (N_l + N_{dj}) * P_v * L_v$$

$$R_v = (0.00048 + 0) * 0.05 * 0$$

$$R_v = 0$$

#### 5.2.37.6) $R_{vt}$

$$R_{vt} = (N_{lt} + N_{dj1}) * P_{vt} * L_v$$

$$R_{vt} = (0.0024 + 0) * 0.05 * 0$$

$$R_{vt} = 0$$

#### 5.2.37.7) $R_{1z}$

$$R_{1z} = R_a + R_b + R_u + R_v + R_{ut} + R_{vt}$$

$$R_{1z} = 0.00846 * 10^{-6} + 0 + 0 + 0 + 0 + 0$$

$$R_{1z} = 0.000846 \times 10^{-5}$$

### 6) Risco Total

#### 6.1) $R_1$

$$R_a + R_b = 0.00932 \times 10^{-5}$$

$$R_1 = 0.0108 \times 10^{-5}$$

$$R_{t1} = 1 \times 10^{-5}$$

$$R_1 \leq R_{t1}$$

$$(R_a + R_b) \leq R_{t1}$$

[OK]

## 6.2) Estrutura Protegida.

$$R1 \leq R_{t1}$$

## 7) Nível de Proteção adotada: IV

## 8) Métodos Utilizados

### 8.1) Método Franklin

Ângulo de Proteção (alfa)

Altura do Captor	Ângulo (Graus) [Nível de Proteção IV]
Até 2m	79°
3m	77°
4m	75°
5m	73°
6m	71°
7m	69°
8m	68°
9m	66°
10m	65°
11m	63°
12m	62°
13m	61°
14m	60°
15m	59°
16m	58°
17m	57°
18m	55°
19m	55°
20m	54°
21m	53°
22m	52°
23m	51°
24m	50°
25m	49°
26m	48°
27m	47°

28m	47°
29m	46°
30m	45°
31m	44°
32m	44°
33m	43°
34m	42°
35m	41°
36m	41°
37m	40°
38m	39°
39m	38°
40m	38°
41m	37°
42m	36°
43m	36°
44m	35°
45m	34°
46m	33°
47m	33°
48m	32°
49m	31°
50m	30°
51m	30°
52m	29°
53m	28°
54m	27°
55m	27°
56m	26°
57m	25°
58m	25°
59m	24°
60m	23°

maior que 60m  
Malha (Gaiola de Faraday) \*

\* Utilizar Método Eletrogeométrico ou

## 8.2) Malha ou da Gaiola de Faraday

Módulos da malha [Nível de Proteção IV]

Afastamento máximo da Malha = 20x20 m

## 9) Cálculo do Número de descidas [N]

Area = 835.2 m<sup>2</sup>.

Altura = 16.4 m.

Perímetro = 115.6 m.

Cantos Salientes da Estrutura = 4

Nível de Proteção IV: Espaçamento médio = 20m

$N = \text{Perímetro} / 20\text{m} + (\text{número de cantos salientes})$  [N = 10] para Nível de Proteção: IV

$N = \text{Altura} / 20\text{m} + (\text{número de cantos salientes})$  |  $N = 16.4 / 20 + 4$   
|  $N = 5$

$N \geq 2$  (Para descidas não naturais)

N = 10 descidas.

## 10) Cálculo do Comprimento do Condutor enterrado horizontalmente

Condutor enterrado horizontalmente

$r = 100 \text{ ohms.m}$  [resistividade do solo]

$R = 10 \text{ ohms}$  [Resistência de aterramento]

$L = \text{Comprimento do Condutor Horizontal enterrado em (m)}$

$L = (2 * r) / R$

$L = (2 * 100) / 10$

$L = 20 \text{ m}$

$l_1(\text{min}) = 5 \text{ m}$

$L = 20 \text{ m}$

$R_e = 18.4 \text{ m}$  [Raio médio da área abrangida pelos eletrodos]

Comprimento Adicional [ $R_e \geq l_1$ ] [OK]

## 11) Anéis horizontais de interligação das descidas

Instalação de 1 Anél horizontal de aterramento enterrado

Altura: 16.4m <= 20m (Não é necessário anél horizontal intermediário)

## 12) Seções mínimas

### 12.1) Condutores de Captação, Hastes Captoras e Condutores de Descidas

Cobre - Fita maciça	35mm <sup>2</sup>	Espessura 1.75 mm
Cobre - Arredondado maciço	35mm <sup>2</sup>	Diâmetro 6 mm
Cobre - Encordoado	35mm <sup>2</sup>	Diâmetro de cada fio da cordoalha 2.5mm
Cobre - Arredondado maciço (b)	200mm <sup>2</sup>	Diâmetro 16 mm
Alumínio - Fita maciça	70mm <sup>2</sup>	Espessura 3 mm
Alumínio - Arredondado maciço	70mm <sup>2</sup>	Diâmetro 9.5mm
Alumínio - Encordoado	70mm <sup>2</sup>	Diâmetro de cada fio da cordoalha 3.5mm
Alumínio - Arredondado maciço (b)	200mm <sup>2</sup>	Diâmetro 16 mm
Aço Cobreado IACS 30% - Arredondado maciço	50mm <sup>2</sup>	Diâmetro 8 mm
Aço Cobreado IACS 30% - Encordoado	50mm <sup>2</sup>	Diâmetro de cada fio da cordoalha 3 mm
Alumínio Cobreado IACS 64% - Arredondado maciço	50mm <sup>2</sup>	Diâmetro 8 mm
Alumínio Cobreado IACS 64% - Encordoado	70mm <sup>2</sup>	Diâmetro de cada fio da cordoalha 3.6 mm
Aço Galv.a quente - Fita maciça	50mm <sup>2</sup>	Espessura mínima 2.5mm
Aço Galv.a quente - Arredondado maciço	50mm <sup>2</sup>	Diâmetro 8 mm
Aço Galv.a quente - Encordoado	50mm <sup>2</sup>	Diâmetro de cada fio da cordoalha 1.7 mm
Aço Galv.a quente - Arredondado maciço (b)	200mm <sup>2</sup>	Diâmetro 16 mm
Aço Inoxidável - Fita maciça	50mm <sup>2</sup>	Espessura 2 mm
Aço Inoxidável - Arredondado maciço	50mm <sup>2</sup>	Diâmetro 8 mm
Aço Inoxidável - Encordoado	70mm <sup>2</sup>	Diâmetro de cada fio da cordoalha 1.7 mm
Aço Inoxidável - Arredondado maciço (b)	200mm <sup>2</sup>	Diâmetro 16 mm

(b) - Aplicável somente a minicaptadores. Para aplicações onde esforços mecânicos, por exemplo, força do vento, não forem críticos, é



permitida a utilização de elementos com diâmetro mínimo de 10mm e comprimento máximo de 1m.

## 12.2) Eletrodo de Aterramento

Cobre - Encordado - 50 mm<sup>2</sup> - Diâmetro de cada fio - cordoalha 3 mm

Cobre - Arredondado maciço - 50mm<sup>2</sup> - Diâmetro 8 mm

Cobre - Fita maciça - 50 mm<sup>2</sup> - Espessura 2mm

Cobre - Arredondado maciço - Eletrodo cravado 15mm

Cobre - Tubo - Eletrodo cravado 20mm - Espessura da parede 2 mm

Aço Galv.a quente - Arredondado maciço - Eletrodo cravado 16mm

Aço Galv.a quente - Arredondado maciço - Eletrodo não cravado 10mm

Aço Galv.a quente - Tubo - Eletrodo cravado 25mm - Espessura da parede 2 mm

Aço Galv.a quente - Fita maciça - 90 mm<sup>2</sup> - Espessura 3 mm

Aço Galv.a quente - Encordado - 70 mm<sup>2</sup>

Aço Cobreado - Arredondado maciço - Eletrodo cravado 12.7mm

Aço Cobreado - Encordado 70 mm<sup>2</sup> - Diâmetro de cada fio da cordoalha 3.45 mm

Aço Inoxidável - Arredondado maciço - Eletrodo cravado 15mm

Aço Inoxidável - Arredondado maciço - Eletrodo não cravado 10mm

Aço Inoxidável - Fita maciça - 100mm<sup>2</sup> - Espessa minima 2 mm

Arquivo: T:\Projetos\Projetos GPS\PROJETOS 2019\19. UFSB Reitoria\03. Complementares\SPD - SPDA\RELATORIO COM DPS E SPDA CLASSE IV.rtf