



# Design de Sistema de Proteção Contra Descargas Atmosféricas

---

## Memorial Técnico Descritivo

**CAMPUS CIDADE OCIDENTAL**

**UFG**

Goiânia, Goiás.

Revisão: R01



pensemol!pensebim!

## Sumário

1.	Objetivo .....	3
2.	Descrições Normativas .....	3
3.	Cálculos de Risco .....	3
3.1	Memória de Cálculo .....	4
3.2	Conclusão .....	16
4.	Critérios de Desempenho e Vida Útil do Projeto .....	<b>Erro! Indicador não definido.</b>
5.	Os Subsistemas do SPDA .....	16
5.1	Subsistema de Captação.....	16
5.2	Subsistema de Descidas .....	16
5.3	Subsistema de Aterramento .....	17
5.4	Fixação e Conexões .....	17
5.5	Equalização de Potencial.....	18
6.	Inspeções.....	18
6.1	Itens que as inspeções devem assegurar .....	18
6.2	Levantamento das necessidades de inspeção .....	18
6.3	Periodicidade .....	19
7.	Especificação dos Materiais .....	19
7.1	Haste de aterramento .....	<b>Erro! Indicador não definido.</b>
7.2	Cordoalha de cobre nu.....	<b>Erro! Indicador não definido.</b>
7.3	Solda exotérmica .....	<b>Erro! Indicador não definido.</b>
7.4	Terminal de compressão.....	19
7.5	Barra Chata de Alumínio 7/8" x 1/8".....	20
7.6	Conector de Pressão .....	20
7.7	Presilha em latão em forma de 'U' .....	21
7.8	Aterrinsert .....	21
7.9	Fitas Perfuradas .....	21
7.10	Barramento de Equipotencialização Principal - BEP.....	22
7.11	Captores tipo Franklin .....	22
7.12	Tela Moeda .....	22

7.13	Rebar .....	23
8.	Conclusão .....	23

<b>EMPREENDIMENTO:</b> <b>UFG CAMPUS CIDADE</b> <b>OCIDENTAL</b>	<b>CLIENTE:</b> <b>UNIVERSIDADE FEDERAL DE GOIÁS</b>
<b>CNPJ:</b> <b>01.567.601/0001-43</b>	<b>ENDEREÇO:</b> <b>Gleba 2-A, Fazenda Saia Velha, Cidade Ocidental-GO</b> <b>CEP: 72.880-000</b>

## 1. Objetivo

Os eletricitistas e seus auxiliares deverão ser tecnicamente capacitados para execução das instalações aqui explicitadas e todos os materiais a serem empregados, deverão ser novos e de acordo com as especificações, caso o resultado do estudo acuse a necessidade de implementação do sistema.

Qualquer alteração, em relação ao projeto e/ou emprego de material inexistente na praça, só será permitida após consulta ao Autor do Projeto, sob pena de possíveis danos às instalações e, portanto, nenhuma responsabilidade por parte do mesmo.

## 2. Descrições Normativas

- NBR 5419-1:2015
- NBR 5419-2:2015
- NBR 5419-3:2015
- NBR 5419-4:2015
- NR 10
- NBR 5410

## 3. Cálculos de Risco

Partiu-se do pressuposto que o empreendimento não possui Sistema de Proteção de Descargas Atmosféricas implementado para análise da necessidade de projeto específico.

Segue o memorial de Cálculo de Risco conforme Norma NBR 5419 - Parte 2.

### 3.1 Memória de Cálculo

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

$$N_g = 4 \text{ [Descargas / km}^2\text{/ano]}$$

#### 2) Geometria da Estrutura

$$\begin{aligned}\text{Comprimento [L]} &= 90.06 \text{ m} \\ \text{Largura [W]} &= 42.95 \text{ m} \\ \text{Altura [H]} &= 15.5 \text{ m}\end{aligned}$$

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

$$\begin{aligned}Ad &= L * W + 2 * (3 * H) * (L + W) + \pi * (3 * H)^2 \\ Ad &= 90.06 * 42.95 + 2 * (3 * 15.5) * (90.06 + 42.95) + 3.14159 * (3 * 15.5)^2 \\ Ad &= 23030.92 \text{ m}^2\end{aligned}$$

#### 4) Geometria da Estrutura Adjacente [ENERGIA]

$$\begin{aligned}\text{Comprimento [Lj]} &= 15.5 \text{ m} \\ \text{Largura [Wj]} &= 1 \text{ m} \\ \text{Altura [Hj]} &= 12 \text{ m}\end{aligned}$$

#### 5) Adj - Área de exposição equivalente [em m²]

$$\begin{aligned}Adj &= L_j * W_j + 2 * (3 * H_j) * (L_j + W_j) + \pi * (3 * H_j)^2 \\ Adj &= 15.5 * 1 + 2 * (3 * 12) * (15.5 + 1) + 3.14159 * (3 * 12)^2 \\ Adj &= 5275 \text{ m}^2\end{aligned}$$

#### 6) Fatores de Ponderação

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

$$\begin{aligned}\text{Estrutura isolada; nenhum outro objeto nas vizinhanças} \\ Cd &= 1.0\end{aligned}$$

##### 6.2) Fator de Localização da Estrutura ADJACENTE [Energia] - Cdj (Tabela A.1)

$$\begin{aligned}\text{Estrutura ADJACENTE isolada; nenhum outro objeto nas vizinhanças} \\ Cd_j &= 1.0\end{aligned}$$

##### 6.3) Comprimento da Linha de Energia

$$L_l = 15.5 \text{ [m]}$$

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

$$\begin{aligned}\text{Aéreo} \\ Ci &= 1.0\end{aligned}$$

**6.5) Fator do Tipo de Linha ENERGIA - Ct (Tabela A.3)**

Linha de Energia ou Sinal  
 $C_t = 1.0$

**6.6) Fator Ambiental da Linha ENERGIA - Ce (Tabela A.4)**

Suburbano  
 $C_e = 0.5$

**6.7) Comprimento da Linha de Sinal**

$L_{lt} = 0 \text{ [m]}$

**6.8) Fator de Instalação da Linha SINAL - Cit (Tabela A.2)**

Aéreo  
 $C_{it} = 1.0$

**6.9) Fator do Tipo de Linha SINAL - Ctt (Tabela A.3)**

Linha de Energia ou Sinal  
 $C_{tt} = 1.0$

**6.10) Fator Ambiental da Linha SINAL - Cet (Tabela A.4)**

Urbano  
 $C_{et} = 0.1$

**6.11) Nd - Número de Eventos Perigosos para a Estrutura [por ano]**

$N_d = N_g * A_d * C_d * 10^{-6}$   
 $N_d = 0.09212$

**6.12) Ndj - Número de Eventos Perigosos pela Estrutura Adjacente Energia [por ano]**

$N_{dj} = N_g * A_{dj} * C_{dj} * 10^{-6}$   
 $N_{dj} = 0.0211$

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

$N_m = N_g * A_m * 10^{-6}$   
 $A_m = 2 * 500 * (L + W) + P_i * 500^2$   
 $A_m = 918408.16$   
 $N_m = 3.67363$

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

$N_l = N_g * A_l * C_i * C_e * C_t * 10^{-6}$   
 $A_l = 40 * L_l$   
 $A_l = 620$

$$N1 = 0.00124$$

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

$$\begin{aligned} Ni &= Ng * Ai * Ci * Ce * Ct * 10^{-6} \\ Ai &= 4000 * Ll \\ Ai &= 62000 \\ Ni &= 0.124 \end{aligned}$$

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

$$\begin{aligned} Nlt &= Ng * Al * Cit * Cet * Ctt * 10^{-6} \\ Alt &= 40 * Llt \\ Alt &= 0 \\ Nlt &= 0 \end{aligned}$$

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

$$\begin{aligned} Nit &= Ng * Ait * Cit * Cet * Ctt * 10^{-6} \\ Ait &= 4000 * Llt \\ Ait &= 0 \\ Nit &= 0 \end{aligned}$$

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

$$\begin{aligned} &\text{Estrutura protegida por SPDA - Classe III} \\ Pb &= 0.1 \end{aligned}$$

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

$$\begin{aligned} &\text{Linha aérea não blindada} \\ Cld &= 1 \\ Cli &= 1 \end{aligned}$$

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

$$\begin{aligned} &\text{Linha enterrada blindada (energia ou sinal)} \\ &\text{Blindagem interligada ao mesmo barramento de equipotencialização} \\ &\text{que o equipamento} \\ Cldt &= 1 \\ Clit &= 0 \end{aligned}$$

**6.21) 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 Wm,  
fatores Ks1 e Ks2 para SPDA ou blindagem tipo malha espacial podem ser avaliados como:  $Ks1 = 0,12 \times Wm1$   
 $Ks1 = 1$

**6.22) Uw Energia**

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

$$Uw = 13.8$$

**6.23) Ks4 Energia**

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

$$Ks4 = 0.07$$

**6.24) Uwt Sinal**

$$Uwt = 1$$

**6.25) Ks4t Sinal**

$$Ks4t = 1$$

**6.26) Nível de Proteção NP - Peb (Tabela B.7)**

DPS Classe I

$$Peb = 0.01$$

**6.27) 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 (Uw=13.8)

$$Pld = 1$$

**6.28) Roteamento, blindagem e interligação SINAL - Pldt (Tabela B.8)**

Blindada aérea ou enterrada cuja blindagem está interligada ao mesmo barramento de

equipotencialização do equipamento [ $R_s \leq 1 \text{ ohms/Km}$ ] (Uw=1)

$$Pldt = 0.6$$

**6.29) Pv - Probabilidade de Descarga na linha de Energia Causar danos físicos**

$$Pv = Peb * Pld * Cld$$

$$Pv = 0.01$$

**6.30) Pvt - Probabilidade de Descarga na linha de Sinal Causar danos físicos**

$$Pvt = Peb * Pldt * Cl dt$$

$$Pvt = 0.006$$

**7) Zonas da Edificação****7.1) Zona: Zona 1 (Interna)**

**7.1.1) Número de pessoas na Zona** $nz = 2100$ **7.1.2) Número total de pessoas na Estrutura** $nt = 2100$ **7.1.3) Tempo de presença das pessoas na Zona (h/ano)** $tz = 4500$ **7.1.4) Tempo de presença das pessoas em locais perigosos fora da estrutura (h/ano)** $te = 0$ **7.1.5) L1 - Perda de vida humana incluindo ferimento permanente**

Considerar

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

Desprezar

**7.1.7) L3 - Perda inaceitável de patrimônio cultural**

Desprezar

**7.1.8) L4 - Perda econômica**

Considerar

**7.1.9) Risco de Explosão / Hospitais**

Não

**7.1.10) Medidas de Proteção (descargas na linha) - Ptu (Tabela B.6)**Não aplicável (área externa)  
 $Ptu = 0$ **7.1.11) Ks2** $Ks2 = 1$ **7.1.12) Nível de Proteção NP ENERGIA - Pspd (Tabela B.3)**DPS Classe I  
 $Pspd = 0.01$ **7.1.13) Fiação Interna ENERGIA - Ks3 (Tabela B.5)**



Cabos blindados e cabos instalados em eletrodutos metálicos  
Blindados e eletrodutos metálicos interligados a um barramento de equipotencialização em ambas extremidades e equipamentos estão conectados no mesmo barramento equipotencialização.  
 $Ks3 = 0.0001$

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

DPS Classe I  
 $Pspdt = 0.01$

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

Cabos blindados e cabos instalados em eletrodutos metálicos  
Blindados e eletrodutos metálicos interligados a um barramento de equipotencialização em ambas extremidades e equipamentos estão conectados no mesmo barramento equipotencialização.  
 $Ks3t = 0.0001$

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

$Pc = Pspd * Cld$   
 $Pc = 0.01$

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

$Pct = Pspdt * Cldt$   
 $Pct = 0.01$

#### **7.1.18) Pms**

$Pms = (Ks1 * Ks2 * Ks3 * Ks4)^2$   
 $Pms = 0.049 * 10^{-9}$

#### **7.1.19) Pmst**

$Pmst = (Ks1 * Ks2 * Ks3t * Ks4t)^2$   
 $Pmst = 0.01 * 10^{-6}$

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

$Pm = Pspd * Pms$   
 $Pm = 0.049 * 10^{-11}$

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

$Pmt = Pspdt * Pmst$   
 $Pm = 0.01 * 10^{-8}$

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

$$Pu = Ptu * Peb * Pld * Cld$$
$$Pu = 0$$

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

$$Put = Ptu * Peb * Pldt * Cltd$$
$$Put = 0$$

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

$$Pw = Pspd * Pld * Cld$$
$$Pw = 0.01$$

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

$$Pwt = Pspdt * Pldt * Cltd$$
$$Pwt = 0.006$$

**7.1.26) Pli**

$$Pli \text{ para } Uw = 13.8 \text{ kV}$$
$$Pli = 0.1$$

**7.1.27) Plit**

$$Plit \text{ para } Uwt = 1 \text{ kV}$$
$$Plit = 1$$

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

$$Pz = Pspd * Pli * Cli$$
$$Pz = 0.001$$

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

$$Pzt = Pspdt * Plit * Clit$$
$$Pzt = 0$$

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

Restrições físicas ou estrutura do edifício utilizada como subsistema de descida

$$Pta = 0$$
**7.1.31) Tipo de superfície do solo ou piso - Fator de redução rt (Tabela C.3)**

Cascalho, tapete, carpete (Resistência de contato entre 10 e 100 ohms)

$$rt = 0.0001$$

#### **7.1.32) 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,

$$\begin{aligned} &\text{rotas de escape} \\ &r_p = 0.5 \end{aligned}$$

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

$$\begin{aligned} &\text{Incêndio: Risco Baixo} \\ &r_f = 0.001 \end{aligned}$$

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

Nível médio de pânico (por exemplo, estruturas designadas para eventos culturais  
ou esportivos com um número de participantes entre 100 e 1000 pessoas)  
 $h_z = 5$

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

$$\begin{aligned} P_a &= P_{ta} * P_b \\ P_a &= 0 \end{aligned}$$

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

##### **7.1.36.1) $L_t$**

$$L_t = 0.01$$

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

$$\begin{aligned} &\text{Hospital, hotel, escola, edifício cívico} \\ &L_f = 0.1 \end{aligned}$$

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

$$\begin{aligned} &\text{Não Aplicável} \\ &L_o = 0 \end{aligned}$$

##### **7.1.36.4) $L_a$**

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

$$La = 0.00514 \cdot 10^{-4}$$

**7.1.36.5) Lu**

$$Lu = La = 0.00514 \cdot 10^{-4}$$

**7.1.36.6) Lb**

$$Lb = rp \cdot rf \cdot hz \cdot Lf \cdot (nz / nt) \cdot (tz / 8760)$$
$$Lb = 0.00013$$

**7.1.36.7) Lv**

$$Lv = Lb = 0.00013$$

**7.1.36.8) Lc**

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

**7.1.36.9) Lm Lw Lz**

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

**7.1.37) L4 - Perda econômica****7.1.37.1) D2 - Danos físicos - Lf (Tabela C.12)**

Hotel, escola, escritório, igreja, entretenimento público,  
comercial  
 $Lf4 = 0.2$

**7.1.37.2) D3 - Falha de sistemas internos - Lo (Tabela C.12)**

Museu, agricultura, escola, igreja, entretenimento público  
 $Lo4 = 0.001$

**7.1.37.3) ca - Valor dos animais na Zona (milhões)**

$$ca = 0 \text{ milhões}$$

**7.1.37.4) cb - Valor da edificação relevante à Zona (milhões)**

$$cb = 40 \text{ milhões}$$

**7.1.37.5) cc - Valor do conteúdo da Zona (milhões)**

$$cc = 10 \text{ milhões}$$

**7.1.37.6) cs - Valor dos sistemas internos incluindo suas atividades na Zona (milhões)**

cs = 2 milhões

#### **7.1.37.7) ct - Valor total da estrutura (soma de todas as zonas) (milhões)**

ct = 6.5 milhões

#### **7.1.37.8) La4**

La4 = rt \* Lt4 \* (ca / ct)  
La4 = 0

#### **7.1.37.9) Lu4**

Lu4 = La4 = 0

#### **7.1.37.10) Lb4**

Lb4 = rp \* rf \* Lf4 \* ((ca + cb + cc + cs) / ct)  
Lb4 = 0.0008

#### **7.1.37.11) Lv4**

Lv4 = Lb4 = 0.0008

#### **7.1.37.12) Lc4**

Lc4 = Lo4 \* (cs / ct)  
Lc4 = 0.00031

#### **7.1.37.13) Lm4 Lw4 Lz4**

Lm4 = Lw4 = Lz4 = Lc4 = 0.00031

#### **7.1.37.14) Le4**

Le4 = Lfe4 \* (ce / ct)  
Le4 = 0

#### **7.1.37.15) Lft4**

Lft4 = Lf4 + Le4  
Lft4 = 0.2

### **7.1.38) Riscos [R1] da Zona [Zona 1 (Interna)]**

#### **7.1.38.1) Ra**

Ra = Nd \* Pa \* La  
Ra = 0.09212 \* 0 \* 0.00514\*10^-4  
Ra = 0

#### **7.1.38.2) Rb**

$$\begin{aligned} R_b &= N_d * P_b * L_b \\ R_b &= 0.09212 * 0.1 * 0.00013 \\ R_b &= 0.01183 * 10^{-4} \end{aligned}$$

#### **7.1.38.3) Ru**

$$\begin{aligned} R_u &= (N_l + N_{dj}) * P_u * L_u \\ R_u &= (0.00124 + 0.0211) * 0 * 0.00514 * 10^{-4} \\ R_u &= 0 \end{aligned}$$

#### **7.1.38.4) Rut**

$$\begin{aligned} R_{ut} &= (N_{lt} + N_{dj1}) * P_{ut} * L_u \\ R_{ut} &= (0 + 0) * 0 * 0.00514 * 10^{-4} \\ R_{ut} &= 0 \end{aligned}$$

#### **7.1.38.5) Rv**

$$\begin{aligned} R_v &= (N_l + N_{dj}) * P_v * L_v \\ R_v &= (0.00124 + 0.0211) * 0.01 * 0.00013 \\ R_v &= 0.02869 * 10^{-6} \end{aligned}$$

#### **7.1.38.6) Rvt**

$$\begin{aligned} R_{vt} &= (N_{lt} + N_{dj1}) * P_{vt} * L_v \\ R_{vt} &= (0 + 0) * 0.006 * 0.00013 \\ R_{vt} &= 0 \end{aligned}$$

#### **7.1.38.7) R1z**

$$\begin{aligned} R_{1z} &= R_a + R_b + R_u + R_v + R_{ut} + R_{vt} \\ R_{1z} &= 0 + 0.01183 * 10^{-4} + 0 + 0.02869 * 10^{-6} + 0 + 0 \\ R_{1z} &= 0.121 \times 10^{-5} \end{aligned}$$

### **7.1.39) Riscos [R4] da Zona [Zona 1 (Interna)]**

#### **7.1.39.1) Rb4**

$$\begin{aligned} R_{b4} &= N_d * P_b * L_{b4} \\ R_{b4} &= 0.09212 * 0.1 * 0.0008 \\ R_{b4} &= 0.00737 * 10^{-3} \end{aligned}$$

#### **7.1.39.2) Rc4**

$$\begin{aligned} R_{c4} &= N_d * P_c * L_{c4} \\ R_{c4} &= 0.09212 * 0.01 * 0.00031 \\ R_{c4} &= 0.02835 * 10^{-5} \end{aligned}$$

#### **7.1.39.3) Rm4**

$$\begin{aligned} R_{m4} &= N_m * P_m * L_{m4} \\ R_{m4} &= 3.67363 * 0.049 * 10^{-11} * 0.00031 \end{aligned}$$

$$Rm4 = 0.00554 \cdot 10^{-13}$$

#### 7.1.39.4) Rv4

$$\begin{aligned} Rv4 &= (Nl + Ndj) \cdot Pv \cdot Lv4 \\ Rv4 &= (0.00124 + 0.0211) \cdot 0.01 \cdot 0.0008 \\ Rv4 &= 0.01787 \cdot 10^{-5} \end{aligned}$$

#### 7.1.39.5) Rvt4

$$\begin{aligned} Rvt4 &= (Nlt + Ndjl) \cdot Pvt \cdot Lv4 \\ Rvt4 &= (0 + 0) \cdot 0.006 \cdot 0.0008 \\ Rvt4 &= 0 \end{aligned}$$

#### 7.1.39.6) Rw4

$$\begin{aligned} Rw4 &= (Nl + Ndj) \cdot Pw \cdot Lw4 \\ Rw4 &= (0.00124 + 0.0211) \cdot 0.01 \cdot 0.00031 \\ Rw4 &= 0.00687 \cdot 10^{-5} \end{aligned}$$

#### 7.1.39.7) Rwt4

$$\begin{aligned} Rwt4 &= (Nlt + Ndjl) \cdot Pwt \cdot Lw4 \\ Rwt4 &= (0 + 0) \cdot 0.006 \cdot 0.00031 \\ Rwt4 &= 0 \end{aligned}$$

#### 7.1.39.8) Rz4

$$\begin{aligned} Rz4 &= Ni \cdot Pz \cdot Lz4 \\ Rz4 &= 0.124 \cdot 0.001 \cdot 0.00031 \\ Rz4 &= 0.03815 \cdot 10^{-6} \end{aligned}$$

#### 7.1.39.9) R4z

$$\begin{aligned} R4z &= Rb4 + Rc4 + Rm4 + Rv4 + Rw4 + Rz4 + Rvt4 + Rwt4 + Rzt4 \\ R4z &= 0.00737 \cdot 10^{-3} + 0.02835 \cdot 10^{-5} + 0.00554 \cdot 10^{-13} + 0.01787 \cdot 10^{-5} \\ &\quad + 0.00687 \cdot 10^{-5} + 0.03815 \cdot 10^{-6} + 0 + 0 + 0 \\ R4z &= 0.00794 \cdot 10^{-3} \end{aligned}$$

### 8) Risco Total

#### 8.1) R1

$$\begin{aligned} Ra + Rb &= 0.118 \cdot 10^{-5} \\ R1 &= 0.121 \cdot 10^{-5} \\ Rt1 &= 1 \cdot 10^{-5} \\ R1 &\leq Rt1 \\ (Ra + Rb) &\leq Rt1 \\ [OK] \end{aligned}$$

#### 8.2) R4

$$\begin{aligned} Ra + Rb &= 0.00737 \cdot 10^{-3} \\ R4 &= 0.00794 \cdot 10^{-3} \end{aligned}$$

```
Rt4 = 1 x 10^-3  
R4 <= Rt4  
(Ra + Rb) <= Rt4  
[OK]
```

### **8.3) Estrutura Protegida.**

```
R1 <= Rt1  
R4 <= Rt4
```

## **9) Nível de Proteção adotada: III**

### **3.2 Conclusão**

De acordo com os cálculos acima descritos determina-se, baseado nos critérios presentes na NBR 5419, que há a necessidade de implementação de projeto de Sistemas de Proteção Contra Descarga Atmosféricas. Para tanto será necessário seguir as descrições de materiais e execução a seguir descritos.

## **4. Os Subsistemas do SPDA**

### **4.1 Subistema de Captação**

Para o SPDA não isolado, o subsistema captor deverá ser instalado diretamente sobre o teto. Nos topos das estruturas de alvenaria deverá ser instalado um captor na forma de anel ao longo de todo o perímetro (malha de captação).

Este captor não pode ser instalado a mais de 0,5m (meio metro) da borda do perímetro superior.

Deverão ser instalados condutores de cobre nu 35mm<sup>2</sup> ou barra chata de alumínio, conforme projeto, fixado na cobertura para formar a malha de captação.

Também será utilizada um captor Franklin com altura descrita em projeto, com o objetivo de oferecer proteção para antenas e outras estruturas metálicas que forem instaladas sobre a cobertura.

O empreendimento possui mais que 60m (sessenta metros) de altura, logo é necessário **anéis de cintamento**, em projeto consta os posicionamentos e detalhes construtivos.

### **4.2 Subistema de Descidas**

Serão instalados condutores de descida na distância determinada pelo nível de proteção requerido pela estrutura.



Para diminuir o risco de centelhamento, os condutores de descida serão dispostos de modo que as correntes percorram diversos condutores em paralelo, as **descidas** não naturais, ou seja, será necessário embutir condutores (barra rebar) dentro de pilares em concreto armado, para estabelecer a continuidade dos sistemas de captosres com o sistema de aterramento.

É importante observar que na planta consta o detalhamento das descidas não naturais. Caso seja de escolha da Obra, pode-se usar a ferragem da estrutura, contanto que se atenda os critérios da norma e a medição de resistência de descida, atendendo no máximo 0,2 ohm.

#### **4.3 Subsistema de Aterramento**

Do ponto de vista da proteção contra o raio, um subsistema de aterramento único integrado à estrutura é preferível e adequado para todas as finalidades, ou seja, proteção contra raio, sistemas de potência de baixa tensão, sistemas de sinal e tubulações.

Para assegurar a dispersão da corrente de descarga atmosférica na terra sem causar sobretensões perigosas, o arranjo e as dimensões do subsistema de aterramento são mais importantes que o próprio valor da resistência de aterramento.

Deve-se tomar especial atenção no momento da execução dos eletrodos de aterramento nas estacas de fundação.

Todo o processo deverá ter registro fotográfico e fiscalização e execução.

No Projeto, o eletrodo de aterramento adotado foi o condutor em anel.

Se a execução da construção não tiver sido acompanhada pelo responsável pelo aterramento, deverá fazer-se a verificação da continuidade elétrica das armaduras, por injeção de corrente entre pontos afastados tanto na vertical como na horizontal.

#### **4.4 Fixação e Conexões**

Os captosres e os condutores de descida deverão ser firmemente fixados, de modo a impedir que esforços eletrodinâmicos, ou esforços mecânicos acidentais (por exemplo, vibração) possam causar sua ruptura ou desconexão.

O número de conexões nos condutores do SPDA deverá ser reduzido ao mínimo. As conexões devem ser asseguradas por meio de soldagem exotérmica, conectores de pressão ou de compressão, rebites ou parafusos.

As conexões soldadas devem ser compatíveis com os esforços térmicos e mecânicos causados pela corrente de descarga atmosférica.

#### **4.5 Equalização de Potencial**

A equalização de potencial constitui a medida mais eficaz para reduzir os riscos de incêndio, explosão e choques elétricos dentro da estrutura. A equalização de potencial é obtida mediante condutores de ligação equipotencial, interligando o SPDA às tubulações metálicas, às instalações metálicas, às massas e os condutores dos sistemas elétricos de potência e de sinal, dentro do volume a proteger.

Uma ligação equipotencial principal, como prescreve a NBR 5410, é obrigatória.

Esta equalização será realizada através de um quadro contendo uma barra de equipotencialização.

Nos quadros de distribuição gerais de baixa tensão (QGBT) deve ser previstos protetores de surto. Nos quadros que alimentam equipamentos suscetíveis a danos causados por sobretensão, devem ser providos de protetores de surto.

A central de gás deve possuir telas moeda conectadas às ferragens próximas, para equipotencialização da mesma por meio da estrutura.

### **5. Inspeções**

#### **5.1 Itens que as inspeções devem assegurar**

O SPDA deve estar conforme o projeto.

Todos os componentes do SPDA devem estar em bom estado, as conexões e fixações devem estar firmes e livres de corrosão.

O valor da resistência de aterramento e resistência ôhmica da gaiola devem estar compatíveis com o arranjo, com as dimensões do subsistema de aterramento e com a resistividade do solo.

Todas as construções acrescentadas à estrutura posteriormente à instalação original devem estar integradas no volume a proteger, mediante ligação ao SPDA ou ampliação deste.

Para inspeção do sistema de aterramento e descida foram deixados aterrinserts nos pilares, estes devem ser instalados e sinalizados durante a execução para que não seja acrescentado qualquer material em cima de forma a impedir o acesso direto e por consequência a inspeção do sistema.

#### **5.2 Levantamento das necessidades de inspeção**

Inspecionar durante a construção da estrutura, para verificar a correta instalação dos eletrodos de aterramento, dos captosres e das condições para utilização das armaduras como integrantes da gaiola de Faraday;

Inspecionar periodicamente, todos os itens prescritos acima, e respectiva manutenção, em intervalos não superiores aos estabelecidos abaixo;

Realizar inspeção completa após qualquer modificação ou reparo no SPDA;  
Inspeccionar quando for constatado que o SPDA foi atingido por uma descarga atmosférica, para inspeções;

### **5.3 Periodicidade**

Uma inspeção visual do SPDA deve ser efetuada anualmente.

Medições de aterramento e resistência ôhmica da gaiola (Anexo E NBR 5419) devem ser executadas no período determinado abaixo.

Inspeções completas conforme listados acima devem ser efetuadas periodicamente, em intervalos de cinco anos, para estruturas destinadas a fins residenciais, comerciais, administrativos, agrícolas ou industriais, excetuando-se áreas classificadas com risco de incêndio ou explosão;

Todas as medições e inspeções devem ser realizadas por profissional legalmente habilitado com registro em conselho de classe, mediante apresentação de ART.

## **6. Especificação dos Materiais**

Todos os materiais e equipamentos a serem utilizados nas instalações deverão ser novos e de boa qualidade, preferencialmente de marcas consagradas no mercado e certificadas junto ao INMETRO, livres de falhas, atendendo plenamente as especificações. No caso da não adesão do material sugerido deve prevalecer o critério de equivalência, baseando-se no fato de que dois materiais ou equipamentos apresentam equivalência se desempenham idêntica função construtiva e apresentam as mesmas características exigidas pelas especificações.

Todos os materiais adquiridos devem ser testados para certificação do seu bom funcionamento, qualquer equipamento que apresentar dano ou mau funcionamento deve ser substituído imediatamente por outro em boas condições.

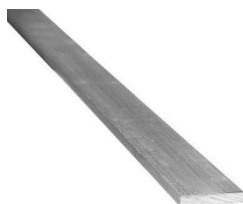
### **6.1 Terminal de compressão**



Deve ser gravado no corpo do conector terminal de compressão, de forma legível e indelével, no mínimo a marca ou nome do fabricante, seção em mm<sup>2</sup> e tipo de condutor aplicável, índice da

matriz aplicável e número de compressões com indicação das partes a serem comprimidas. Deve ser isento de trincas, riscos, lascas, porosidades, rachas ou falhas. Deve ser isento de inclusões, arestas vivas, partes pontiagudas e rebarbas que possam danificar o condutor. Devem ser fornecidos revestidos com partículas de liga de cobre-berílio duro, ou outro tipo de material de dureza e condutividade elétrica equivalente.

### **6.2 Barra Chata de Alumínio 7/8" x 1/8"**



Resistente à corrosão, de alta soldabilidade e baixa resistência mecânica, a barra chata de alumínio possui alta condutividade elétrica, pois o alumínio é um metal não magnético. Com isso não cria faíscas quando expostos a atritos. O material também não considerado tóxico como alguns metais.

É bastante leve e por esse motivo de fácil transportabilidade e agilidade na logística, armazenamento e distribuição. Possui aspecto cinza prateado e fosco, devido à fina camada de óxidos que se forma rapidamente quando exposto ao ar, maleável e dúctil, e por isso resistente à corrosão.

### **6.3 Conector de Pressão**



Possui corpo em cobre eletrolítico, porca e miolo em liga de cobre com acabamento estranhado, utilizado em derivação ou emenda para cabos, indicado em conexões entre cobre-cobre, por meio de conexão por aperto. Possui alta condutividade elétrica e resistência a corrosão.

A superfície do conector deve ser isenta de inclusões, trincas, rebarbas, empenamento, saliências pontiagudas, arestas cortantes, cantos vivos ou outros defeitos. A borda do conector não deve apresentar aresta viva que possa danificar o condutor.

#### **6.4 Presilha em latão em forma de 'U'**



Possui corpo em latão estanhado com furo para parafuso sextavado. Utilizado para fixação do condutor de cobre na estrutura.

#### **6.5 Aterrinterinsert**



Possui corpo em latão niquelado, compatível com condutores com diâmetro de 16mm<sup>2</sup> até 70mm<sup>2</sup>, com disco e rosca fêmea M12. Utilizado para rebars (barra de aço galvanizado) de 8 até 10mm de diâmetro, com o objetivo de acessar as barras de aterramento, promovendo teste de continuidade elétrica, aterramento de massas metálicas e interligação com os barramentos de equipotencialização.

#### **6.6 Fitas Perfuradas**



Fitas perfuradas em latão niquelado com 3 metros de comprimento, 20mm de largura e furos de Ø7mm e espessura de 1,2mm. Utilizada para equalização de estruturas da edificação e elementos metálicos como tubulações, trilhos de elevador, dentre outros.

### 6.7 Barramento de Equipotencialização Principal - BEP



Fabricado em cobre com dimensões a serem indicadas pelo projeto de subestação. Utilizado para equalização de massa metálica, equipamentos e etc, a fim de evitar que a diferença de potencial gere correntes elétricas que possam causar danos a pessoas e equipamentos, por meio da conexão com a malha de aterramento.

### 6.8 Captores tipo Franklin



Ponta captora tipo Franklin em latão cromado. Possui base com dois furos passantes de  $\varnothing 13\text{mm}$  para conexão com os cabos de cobre (fixação através de parafuso em aço inox) e rosca BSP 3/4" para conexão com mastros e postes. Comprimento da ponta central de 220mm, diâmetro da ponta central  $\varnothing 3/8"$ , comprimento de pontas laterais de 100mm e diâmetro das pontas laterais de  $\varnothing 1/4"$ . com a malha de aterramento.

A base deve ser formada por um mastro em eletroduto simples galvanizado a fogo, contendo 1 módulo, sendo ele de 2x3 metros, produzido em aço carbono, resistente a intempéries, com diâmetro externo de 63,5mm.

Deve ainda conter, 6 metros de cabo de cobre nú  $35\text{mm}^2$ , 3 abraçadeiras guia reforçadas, 1 sinalizador noturno de obstáculo e uma base em aço galvanizado de igual diâmetro do mastro.

### 6.9 Tela Moeda



São chapas em inox perfuradas, com dimensões de 1x1 metros e espessura de 2,4mm. Utilizado para equalização dos bojões de gás.

## 6.10 Rebar



São barras redondas de aço galvanizado a fogo Ø3/8"x3,40m (70mm<sup>2</sup> de área de seção), devem atender as especificações das tabelas 6 e 7 da norma NBR 5419/3:2015. Serão utilizadas no subsistema de descida junto à pilares para conexão dos subsistemas de captação e aterramento.

## 7. Conclusão

Deve-se manter o cuidado de garantir a continuidade elétrica nas suas emendas e conexões do sistema de aterramento. O perfeito contato elétrico é de extrema importância para o funcionamento correto do sistema. Juntamente com o sistema de aterramento previsto no projeto de SPDA, deve-se verificar as indicações nos projetos de ELÉTRICA e TELECOMUNICAÇÕES. O sistema de aterramento Elétrico / Telecomunicações / SPDA deverá compor um sistema único, devendo ser totalmente interligado, exceto quando houver no empreendimento malha de aterramento destinado a subestação abrigada, neste caso, os sistemas devem ser completamente isolados.

A seguinte documentação técnica deve ser mantida no local ou em poder dos responsáveis pela manutenção do SPDA: - Relatório de verificação de necessidade do SPDA e de seleção do respectivo nível de proteção, elaborado conforme projeto da ATC. Desenhos em escala mostrando as dimensões, os materiais e as posições de todos os componentes do SPDA, inclusive eletrodos de aterramento (projeto as-built). - Um registro dos valores medidos de resistência de aterramento a ser atualizado nas inspeções periódicas ou quaisquer modificações ou reparos no SPDA. A medição de resistência de aterramento pode ser realizada pelo método de queda de potencial usando o medidor da resistência de aterramento, voltímetro/amperímetro ou outro equivalente. Não é admissível a utilização de multímetro.

Ao término da execução das descidas estruturais deverá ser realizado um teste de continuidade elétrica em todas as descidas estruturais, conforme anexo F da NBR 5419-3:2015, os resultados devem possuir a mesma ordem de grandeza e nenhum deles podem ser superiores a 0,5 Ohm. Também deverá ser realizado um ensaio final, conforme anexo F da NBR 5419-3:2015, e o resultado não poderá ser superior a 0,2 Ohms. Caso esses valores de resultado não sejam atingidos não será possível utilizar a estrutura como descida e o SPDA não poderá ser recebido. Esses testes deverão ser entregues a fiscalização do contrato, devendo estar acompanhado por uma ART (anotação de responsabilidade técnica), logo deve ser elaborado e assinado por engenheiro competente.

O serviço será entregue sem instalações provisórias, livre de entulhos ou quaisquer outros elementos que possam impedir à utilização imediata das unidades, devendo a Contratada

comunicar, por escrito, à Fiscalização, a conclusão dos serviços para que esta possa proceder a vistoria da obra com vistas à aceitação provisória. Todas as superfícies deverão estar impecavelmente limpas. A fim de que os trabalhos possam ser desenvolvidos com segurança e dentro da boa técnica, compete ao instalador o perfeito entendimento das respectivas especificações e do projeto apresentado.

Em caso de dúvidas, quanto à interpretação do projeto, das especificações e dos desenhos, estas deverão ser informadas a equipe de projetos. Todos os serviços a serem executados deverão obedecer à melhor técnica vigente, enquadrando-se rigorosamente dentro das normas técnicas.

Goiânia, 06 de Junho de 2025.

---

**Eng. Jorge Luiz Rodrigues da Silva**  
**CREA-GO - 20372/D-GO**  
**Autor do Projeto**