

MEMORIAL TÉCNICO DESCRITIVO

SISTEMA PROTEÇÃO CONTRA DESCARGAS ATMOSFÉRICAS “SPDA”

UNICAMP – CAMPINAS/SP

ALMOXARIFADO CENTRAL

(Reservatório D'Água)

1-IDENTIFICAÇÃO.

CONTRATANTE.

Nome: Universidade Estadual de Campinas.

CNPJ Nº: 46.068.250/0001-33

Endereço: R: Carlos Chagas, 421.

CEP Nº: 13.083-878

Bairro: Cidade Universitária, Campinas / SP.

OBRA.

Prédio: Almoxarifado Central – Reservatório D'Água

Local: Unicamp

RESPONSÁVEL TÉCNICO.

Nome: Leandro Moreira da Silva

CREA Nº: 5.063.381.564.

ART Nº: 92.221.220.160.506.119

Endereço: R: Dona Francisca, 628, Sala 06.

Bairro: Vila Rezende, Piracicaba / SP.

Data: 01 / 05 / 2017.

Status: R00

2-DADOS DE PROJETO.

O presente documento tem por finalidade descrever os parâmetros de projeto e execução das instalações do Sistema de Proteção Contra Descargas Atmosféricas (SPDA), elaborado de acordo com a norma NBR-5419/2015.

2.1-Dados da edificação

Altura: 4,0 m

Largura: 4,50 m

Comprimento: 10,60 m

A área de exposição equivalente (A_d) corresponde à área do plano da estrutura prolongada em todas as direções, de modo a levar em conta sua altura. Os limites da área de exposição equivalente estão afastados do perímetro da estrutura por uma distância correspondente à altura da estrutura no ponto considerado.

$$A_d = 1.001,59 \text{ m}^2$$

2.2-Classificação da estrutura

Nível de proteção: *III*

2.3-Densidade de descargas atmosféricas

Densidade de descargas atmosféricas para a terra: **$9,72/\text{km}^2 \times \text{ano}$**

2.4-Número de descidas

Quantidade de descidas (N), em decorrência do espaçamento médio dos condutores de descida e do nível de proteção.

Perímetro da edificação: 30,2 m

Distância das descidas para nível III: 15,0 m

Cálculo das descidas: $30,2 / 15,0 = 2,01$

Adotado: 4,0 descidas

2.5-Seção dos condutores

Seções mínimas dos materiais utilizados no SPDA. Com o nível de proteção definido, a NBR-5419:2015 apresenta as características do SPDA a serem adotadas no projeto:

Eletrodo de aterramento enterrado: condutor de cobre nu # 50,0 mm²

Condutor descidas: pilar metálico 140x140x4,50 mm – método natural

Rabicho interligação com estruturas: condutor de cobre nu # 35,0 mm²

Rabicho de aterramento: condutor de cobre nu # 50,0 mm²

Sistema de captadores: método natural – executado utilizando as estruturas e telhas metálicas como captadores.

3-ANALISE DE RISCO.

Risco de perda de vida humana (R1)

Os resultados para risco de perda de vida humana (incluindo ferimentos permanentes) levam em consideração os componentes de risco de descargas na estrutura e próximo desta, e descargas em uma linha conectada à estrutura e próximo desta.

Componente Ra (risco de ferimentos a seres vivos causado por descargas na estrutura)

Componente relativo a ferimentos aos seres vivos, causados por choque elétrico devido às tensões de toque e passo dentro da estrutura e fora, nas zonas até 3m ao redor dos condutores de descidas.

Nd (número de eventos perigosos para a estrutura)

Cd (Fator de localização)	5×10^{-1}
Ng (Densidade de descargas atmosféricas para a terra)	$9.72/\text{km}^2 \times \text{ano}$
$Nd = Ng \times Ad \times Cd \times 10^{-6}$	$4.87 \times 10^{-3}/\text{ano}$

Pa (probabilidade de uma descarga na estrutura causar ferimentos a seres vivos por choque elétrico)

Pta (Probabilidade de uma descarga a uma estrutura causar choque a seres vivos devido a tensões de toque e de passo)	0
Pb (Probabilidade de uma descarga na estrutura causar danos físicos)	1×10^{-1}
$Pa = Pta \times Pb$	0

La (valores de perda na zona considerada)

rt (Fator de redução em função do tipo da superfície do solo ou do piso)	1×10^{-2}
Lt (Número relativo médio típico de vítimas feridas por choque elétrico devido a um evento perigoso)	1×10^{-2}
nz (Número de pessoas na zona considerada)	1
nt (Número total de pessoas na estrutura)	2
tz (Tempo, durante o qual as pessoas estão presentes na zona considerada)	4380 h/ano
$La = rt \times Lt \times (nz/nt) \times (tz/8760)$	2.5×10^{-5}

$$Ra = Nd \times Pa \times La$$

$$Ra = 0/\text{ano}$$

Componente Rb (risco de danos físicos na estrutura causado por descargas na estrutura)

Componente relativo a danos físicos, causados por centelhamentos perigosos dentro da estrutura iniciando incêndio ou explosão, os quais podem também colocar em perigo o meio ambiente.

Nd (número de eventos perigosos para a estrutura)

Cd (Fator de localização)	5×10^{-1}
Ng (Densidade de descargas atmosféricas para a terra)	$9.72/\text{km}^2 \times \text{ano}$
$Nd = Ng \times Ad \times Cd \times 10^{-6}$	$4.87 \times 10^{-3}/\text{ano}$

Pb (Probabilidade de uma descarga na estrutura causar danos físicos)	1×10^{-1}
--	--------------------

Lb (valores de perda na zona considerada)

rp (Fator de redução em função das providências tomadas para reduzir as consequências de um incêndio)	5×10^{-1}
rf (Fator de redução em função do risco de incêndio ou explosão na estrutura)	1×10^{-3}
hz (Fator aumentando a quantidade relativa de perda na presença de um perigo especial)	1
Lf (Número relativo médio típico de vítimas feridas por danos físicos devido a um evento perigoso)	2×10^{-2}
nz (Número de pessoas na zona considerada)	1
nt (Número total de pessoas na estrutura)	2
tz (Tempo, durante o qual as pessoas estão presentes na zona considerada)	4380 h/ano
$Lb = rp \times rf \times hz \times Lf \times (nz/nt) \times (tz/8760)$	2.5×10^{-6}

$$Rb = Nd \times Pb \times Lb$$

$$Rb = 1.22 \times 10^{-9}/\text{ano}$$

Componente Ru (risco de ferimentos a seres vivos causado por descargas na linha conectada)

Componente relativo a ferimentos aos seres vivos, causados por choque elétrico devido às tensões de toque e passo

dentro da estrutura.

Al (área de exposição equivalente de descargas para a terra que atingem a linha)

	Linhas de energia (E)	Linhas de telecomunicações (T)
LI (Comprimento da seção de linha)	250 m	250 m
Al = 40 x LI	10000 m ²	10000 m ²

Ng (Densidade de descargas atmosféricas para a terra)	9.72/km ² x ano
---	----------------------------

NI (Número médio anual de eventos perigosos devido a descargas na linha)

	Linhas de energia (E)	Linhas de telecomunicações (T)
Ci (Fator de instalação da linha)	0.5	0.5
Ct (Fator do tipo de linha)	1	1
Ce (Fator ambiental)	0.1	0.1
NI = Ng x Al x Ci x Ce x Ct x 10 ⁻⁶	4.86x10 ⁻³ /ano	4.86x10 ⁻³ /ano

Ndj (número de eventos perigosos para uma estrutura adjacente)

	Linhas de energia (E)	Linhas de telecomunicações (T)
Adj (Área de exposição equivalente da estrutura adjacente)	0 m ²	0 m ²
Cdj (Fator de localização da estrutura adjacente)	0.25	0.25
Ndj = Ng x Adj x Cdj x Ct x 10 ⁻⁶	0/ano	0/ano

Ptu (Probabilidade de uma estrutura em uma linha que adentre a estrutura causar choques a seres vivos devidos a tensões de toque perigosas)	0
Peb (Probabilidade em função do NP para qual os DPS foram projetados)	0.05

Pu (probabilidade de uma descarga em uma linha causar ferimentos a seres vivos por choque elétrico)

	Linhas de energia (E)	Linhas de telecomunicações (T)
Pld (Probabilidade dependendo da resistência Rs da blindagem do cabo e da tensão suportável de impulso Uw do equipamento)	1	1
Cld (Fator dependendo das condições de blindagem, aterramento e isolamento)	1	1
$P_u = P_{tu} \times P_{eb} \times P_{ld} \times C_{ld}$	0	0

Lu (valores de perda na zona considerada)

rt (Fator de redução em função do tipo da superfície do solo ou do piso)	1×10^{-2}
Lt (Número relativo médio típico de vítimas feridas por choque elétrico devido a um evento perigoso)	1×10^{-2}
nz (Número de pessoas na zona considerada)	1
nt (Número total de pessoas na estrutura)	2
tz (Tempo, durante o qual as pessoas estão presentes na zona considerada)	4380 h/ano
$L_u = r_t \times L_t \times (n_z / n_t) \times (t_z / 8760)$	2.5×10^{-5}

$$R_u = R_{u.E} + R_{u.T}$$

$$R_u = [(N_{I.E} + N_{d,j.E}) \times P_{u.E} \times L_u] + [(N_{I.T} + N_{d,j.T}) \times P_{u.T} \times L_u]$$

$$R_u = 0/\text{ano}$$

Componente Rv (risco de danos físicos na estrutura causado por descargas na linha conectada)

Componente relativo a danos físicos (incêndio ou explosão iniciados por centelhamentos perigosos entre instalações externas e partes metálicas, geralmente no ponto de entrada da linha na estrutura), devido à corrente da descarga atmosférica transmitida, ou ao longo das linhas.

Al (área de exposição equivalente de descargas para a terra que atingem a linha)

	Linhas de energia (E)	Linhas de telecomunicações (T)
LI (Comprimento da seção de linha)	250 m	250 m
Al = 40 x LI	10000 m ²	10000 m ²

Ng (Densidade de descargas atmosféricas para a terra)	9.72/km ² x ano
---	----------------------------

NI (Número médio anual de eventos perigosos devido a descargas na linha)

	Linhas de energia (E)	Linhas de telecomunicações (T)
Ci (Fator de instalação da linha)	0.5	0.5
Ct (Fator do tipo de linha)	1	1
Ce (Fator ambiental)	0.1	0.1
NI = Ng x Al x Ci x Ce x Ct x 10 ⁻⁶	4.86x10 ⁻³ /ano	4.86x10 ⁻³ /ano

Ndj (número de eventos perigosos para uma estrutura adjacente)

	Linhas de energia (E)	Linhas de telecomunicações (T)
Adj (Área de exposição equivalente da estrutura adjacente)	0 m ²	0 m ²
Cdj (Fator de localização da estrutura adjacente)	0.25	0.25
Ndj = Ng x Adj x Cdj x Ct x 10 ⁻⁶	0/ano	0/ano

Peb (Probabilidade em função do NP para qual os DPS foram projetados)	0.05
---	------

Pv (probabilidade de uma descarga em uma linha causar danos físicos)

	Linhas de energia (E)	Linhas de telecomunicações (T)
Pld (Probabilidade dependendo da resistência Rs da blindagem do cabo e da tensão suportável de impulso Uw do equipamento)	1	1
Cld (Fator dependendo das condições de blindagem, aterramento e isolamento)	1	1
$P_v = P_{eb} \times P_{ld} \times C_{ld}$	5×10^{-2}	5×10^{-2}

Lv (valores de perda na zona considerada)

rp (Fator de redução em função das providências tomadas para reduzir as consequências de um incêndio)	5×10^{-1}
rf (Fator de redução em função do risco de incêndio ou explosão na estrutura)	1×10^{-3}
hz (Fator aumentando a quantidade relativa de perda na presença de um perigo especial)	1
Lf (Número relativo médio típico de vítimas feridas por danos físicos devido a um evento perigoso)	2×10^{-2}
nz (Número de pessoas na zona considerada)	1
nt (Número total de pessoas na estrutura)	2
tz (Tempo, durante o qual as pessoas estão presentes na zona considerada)	4380 h/ano
$L_v = r_p \times r_f \times h_z \times L_f \times (n_z/n_t) \times (t_z/8760)$	2.5×10^{-6}

$$R_v = R_{v.E} + R_{v.T}$$

$$R_v = [(Nl.E + Ndj.E) \times P_v.E \times L_v] + [(Nl.T + Ndj.T) \times P_v.T \times L_v]$$

$$R_v = 1.22 \times 10^{-9}/ano$$

Resultado de R1

O risco R1 é um valor relativo a uma provável perda anual média, calculado a partir da soma dos componentes de risco citados.

$$R1 = Ra + Rb + Ru + Rv$$

$$R1 = 2.43 \times 10^{-9}/ano$$

Risco de perdas de serviço ao público (R2)

Os resultados para risco de perda de serviço ao público levam em consideração os componentes de risco de descargas na estrutura e próximo desta, e descargas em uma linha conectada à estrutura e próximo desta.

Componente Rb (risco de danos físicos na estrutura causado por descargas na estrutura)

Componente relativo a danos físicos, causados por centelhamentos perigosos dentro da estrutura iniciando incêndio ou explosão, os quais podem também colocar em perigo o meio ambiente.

Nd (número de eventos perigosos para a estrutura)

Cd (Fator de localização)	5×10^{-1}
Ng (Densidade de descargas atmosféricas para a terra)	$9.72/\text{km}^2 \times \text{ano}$
$Nd = Ng \times Ad \times Cd \times 10^{-6}$	$4.87 \times 10^{-3}/\text{ano}$

Pb (Probabilidade de uma descarga na estrutura causar danos físicos)	1×10^{-1}
--	--------------------

Lb (valores de perda na zona considerada)

rp (Fator de redução em função das providências tomadas para reduzir as consequências de um incêndio)	5×10^{-1}
rf (Fator de redução em função do risco de incêndio ou explosão na estrutura)	1×10^{-3}
Lf (Número relativo médio típico de vítimas feridas por danos físicos devido a um evento perigoso)	1×10^{-1}
nz (Número de pessoas na zona considerada)	1
nt (Número total de pessoas na estrutura)	2
$Lb = rp \times rf \times Lf \times (nz/nt)$	2.5×10^{-5}

$$Rb = Nd \times Pb \times Lb$$

$$Rb = 1.22 \times 10^{-8}/\text{ano}$$

Componente Rc (risco de falha dos sistemas internos causado por descargas na estrutura)

Componente relativo a falhas de sistemas internos, causados por pulsos eletromagnéticos devido às descargas atmosféricas. Perda de serviço ao público pode ocorrer em todos os casos, junto com a perda de vida humana, nos casos de estruturas com risco de explosão, e hospitais ou outras estruturas onde falhas de sistemas internos possam imediatamente colocar em perigo a vida humana.

Nd (número de eventos perigosos para a estrutura)

Cd (Fator de localização)	5×10^{-1}
Ng (Densidade de descargas atmosféricas para a terra)	$9.72/\text{km}^2 \times \text{ano}$
$Nd = Ng \times Ad \times Cd \times 10^{-6}$	$4.87 \times 10^{-3}/\text{ano}$

Pc (probabilidade de uma descarga na estrutura causar falha a sistemas internos)

	Linhas de energia (E)	Linhas de telecomunicações (T)
Pspd (Probabilidade em função do nível de proteção para qual os DPS foram projetados)	5×10^{-2}	5×10^{-2}
Cld (Fator dependendo das condições de blindagem, aterramento e isolamento)	1	1
$Pc.E = Pspd.E \times Cld.E$, $Pc.T = Pspd.T \times Cld.T$	5×10^{-2}	5×10^{-2}
$Pc = 1 - [(1 - Pc.E) \times (1 - Pc.T)]$	9.75×10^{-2}	

Lc (valores de perda na zona considerada)

Lo (Número relativo médio típico de vítimas por falha de sistemas internos devido a um evento perigoso)	1×10^{-3}
nz (Número de pessoas na zona considerada)	1
nt (Número total de pessoas na estrutura)	2
$Lc = Lo \times (nz/nt)$	5×10^{-4}

$$Rc = Nd \times Pc \times Lc$$

$$Rc = 2.37 \times 10^{-7}/\text{ano}$$

Componente Rm (risco de falha dos sistemas internos causado por descargas perto da estrutura)

Componente relativo a falhas de sistemas internos, causados por pulsos eletromagnéticos devido às descargas atmosféricas. Perdas de serviço ao público pode ocorrer em todos os casos junto com a perda da vida humana, nos casos de estruturas com risco de explosão, e hospitais ou outras estruturas onde falhas de sistemas internos possam imediatamente colocar em perigo a vida humana.

Nm (Número médio anual de eventos perigosos devido a descargas perto da estrutura)

Ng (Densidade de descargas atmosféricas para a terra)	9.72/km ² x ano
Am (Área de exposição equivalente de descargas que atingem perto da estrutura)	790203.3 m ²
Nm = Ng x Am x 10 ⁻⁶	7.68/ano

Pm (probabilidade de uma descarga perto da estrutura causar falha de sistemas internos)

	Linhas de energia (E)	Linhas de telecomunicações (T)
Pspd (Probabilidade em função do nível de proteção para qual os DPS foram projetados)	5x10 ⁻²	5x10 ⁻²
Ks1 (Fator relevante à efetividade da blindagem por malha de uma estrutura)	1	1
Ks2 (Fator relevante à efetividade da blindagem por malha dos campos internos de uma estrutura)	1	1
Ks3 (Fator relevante às características do cabeamento interno)	2x10 ⁻¹	2x10 ⁻¹
Uw (Tensão suportável nominal de impulso do sistema a ser protegido) (kV)	1.5	1
Ks4 (Fator relevante à tensão suportável de impulso de um sistema)	6.67x10 ⁻¹	1
Pms = (Ks1 x Ks2 x Ks3 x Ks4) ²	1.78x10 ⁻²	4x10 ⁻²
Pm.E = Pspd.E x Pms.E, Pm.T = Pspd.T x Pms.T	8.89x10 ⁻⁴	2x10 ⁻³
Pm = 1 – [(1 – Pm.E) x (1 – Pm.T)]	2.89x10 ⁻³	

Lm (valores de perda na zona considerada)

Lo (Número relativo médio típico de vítimas por falha de sistemas internos devido a um evento perigoso)	1x10 ⁻³
nz (Número de pessoas na zona considerada)	1
nt (Número total de pessoas na estrutura)	2
Lm = Lo x (nz/nt)	5x10 ⁻⁴

$$R_m = N_m \times P_m \times L_m$$

$$R_m = 1.11 \times 10^{-5} / \text{ano}$$

Componente Rv (risco de danos físicos na estrutura causado por descargas na linha conectada)

Componente relativo a danos físicos (incêndio ou explosão iniciados por centelhamentos perigosos entre instalações externas e partes metálicas, geralmente no ponto de entrada da linha na estrutura), devido à corrente da descarga atmosférica transmitida, ou ao longo das linhas.

Al (área de exposição equivalente de descargas para a terra que atingem a linha)

	Linhas de energia (E)	Linhas de telecomunicações (T)
LI (Comprimento da seção de linha)	250 m	250 m
Al = 40 x LI	10000 m ²	10000 m ²

Ng (Densidade de descargas atmosféricas para a terra)	9.72/km ² x ano
---	----------------------------

NI (Número médio anual de eventos perigosos devido a descargas na linha)

	Linhas de energia (E)	Linhas de telecomunicações (T)
Ci (Fator de instalação da linha)	0.5	0.5
Ct (Fator do tipo de linha)	1	1
Ce (Fator ambiental)	0.1	0.1
NI = Ng x Al x Ci x Ce x Ct x 10 ⁻⁶	4.86x10 ⁻³ /ano	4.86x10 ⁻³ /ano

Ndj (número de eventos perigosos para uma estrutura adjacente)

	Linhas de energia (E)	Linhas de telecomunicações (T)
Adj (Área de exposição equivalente da estrutura adjacente)	0 m ²	0 m ²
Cdj (Fator de localização da estrutura adjacente)	0.25	0.25
$Ndj = Ng \times Adj \times Cdj \times Ct \times 10^{-6}$	0/ano	0/ano

Peb (Probabilidade em função do NP para qual os DPS foram projetados)	0.05
---	------

Pv (probabilidade de uma descarga em uma linha causar danos físicos)

	Linhas de energia (E)	Linhas de telecomunicações (T)
Pld (Probabilidade dependendo da resistência R_s da blindagem do cabo e da tensão suportável de impulso U_w do equipamento)	1	1
Cld (Fator dependendo das condições de blindagem, aterramento e isolamento)	1	1
$Pv = Peb \times Pld \times Cld$	5×10^{-2}	5×10^{-2}

Lv (valores de perda na zona considerada)

rp (Fator de redução em função das providências tomadas para reduzir as consequências de um incêndio)	5×10^{-1}
rf (Fator de redução em função do risco de incêndio ou explosão na estrutura)	1×10^{-3}
Lf (Número relativo médio típico de vítimas feridas por danos físicos devido a um evento perigoso)	1×10^{-1}
nz (Número de pessoas na zona considerada)	1
nt (Número total de pessoas na estrutura)	2
$Lv = rp \times rf \times Lf \times (nz/nt)$	2.5×10^{-5}

$$R_v = R_{v.E} + R_{v.T}$$

$$R_v = [(Nl.E + Ndj.E) \times Pv.E \times Lv] + [(Nl.T + Ndj.T) \times Pv.T \times Lv]$$

$$R_v = 1.22 \times 10^{-8} / \text{ano}$$

Componente R_w (risco de falha dos sistemas internos causado por descargas na linha conectada)

Componente relativo a falhas de sistemas internos, causados por sobretensões induzidas nas linhas que entram na estrutura e transmitidas a esta. Perda de serviço ao público pode ocorrer em todos os casos, junto com a perda de vida humana, nos casos de estruturas com risco de explosão, e hospitais ou outras estruturas onde falhas de sistemas internos possam imediatamente colocar em perigo a vida humana.

Al (área de exposição equivalente de descargas para a terra que atingem a linha)

	Linhas de energia (E)	Linhas de telecomunicações (T)
LI (Comprimento da seção de linha)	250 m	250 m
$Al = 40 \times LI$	10000 m ²	10000 m ²

Ng (Densidade de descargas atmosféricas para a terra)	9.72/km ² x ano
---	----------------------------

NI (Número médio anual de eventos perigosos devido a descargas na linha)

	Linhas de energia (E)	Linhas de telecomunicações (T)
Ci (Fator de instalação da linha)	0.5	0.5
Ct (Fator do tipo de linha)	1	1
Ce (Fator ambiental)	0.1	0.1
$NI = Ng \times Al \times Ci \times Ce \times Ct \times 10^{-6}$	$4.86 \times 10^{-3} / \text{ano}$	$4.86 \times 10^{-3} / \text{ano}$

Ndj (número de eventos perigosos para uma estrutura adjacente)

	Linhas de energia (E)	Linhas de telecomunicações (T)
Adj (Área de exposição equivalente da estrutura adjacente)	0 m ²	0 m ²
Cdj (Fator de localização da estrutura adjacente)	0.25	0.25
Ndj = Ng x Adj x Cdj x Ct x 10 ⁻⁶	0/ano	0/ano

Pw (probabilidade de uma descarga em uma linha causar falha a sistemas internos)

	Linhas de energia (E)	Linhas de telecomunicações (T)
Pspd (Probabilidade em função do nível de proteção para qual os DPS foram projetados)	5x10 ⁻²	5x10 ⁻²
Pld (Probabilidade dependendo da resistência Rs da blindagem do cabo e da tensão suportável de impulso Uw do equipamento)	1	1
Cld (Fator dependendo das condições de blindagem, aterramento e isolamento)	1	1
Pw = Pspd x Pld x Cld	5x10 ⁻²	5x10 ⁻²

Lw (valores de perda na zona considerada)

Lo (Número relativo médio típico de vítimas por falha de sistemas internos devido a um evento perigoso)	1x10 ⁻³
nz (Número de pessoas na zona considerada)	1
nt (Número total de pessoas na estrutura)	2
Lw = Lo x (nz/nt)	5x10 ⁻⁴

$$Rw = Rw.E + Rw.T$$

$$Rw = [(NI.E + Ndj.E) \times Pw.E \times Lw] + [(NI.T + Ndj.T) \times Pw.T \times Lw]$$

$$Rw = 2.43 \times 10^{-7} / \text{ano}$$

Componente Rz (risco de falha dos sistemas internos causado por descargas perto da linha)

Componente relativo a falhas de sistemas internos, causados por sobretensões induzidas nas linhas que entram na estrutura e transmitidas a esta. Perda de serviço ao público pode ocorrer em todos os casos, junto com a perda da vida humana, nos casos de estruturas com risco de explosão, e hospitais ou outras estruturas onde falhas de sistemas internos possam imediatamente colocar em perigo a vida humana.

Ai (área de exposição equivalente de descargas para a terra perto da linha)

	Linhas de energia (E)	Linhas de telecomunicações (T)
LI (Comprimento da seção de linha)	250 m	250 m
Ai = 4000 x LI	1000000 m ²	1000000 m ²

Ng (Densidade de descargas atmosféricas para a terra)	9.72/km ² x ano
---	----------------------------

Ni (Número médio anual de eventos perigosos devido a descargas perto da linha)

	Linhas de energia (E)	Linhas de telecomunicações (T)
Ci (Fator de instalação da linha)	0.5	0.5
Ct (Fator do tipo de linha)	1	1
Ce (Fator ambiental)	0.1	0.1
Ni = Ng x Ai x Ci x Ce x Ct x 10 ⁻⁶	4.86x10 ⁻¹ /ano	4.86x10 ⁻¹ /ano

Pz (probabilidade de uma descarga perto da linha conectada à estrutura causar falha de sistemas internos)

	Linhas de energia (E)	Linhas de telecomunicações (T)
Pspd (Probabilidade em função do nível de proteção para qual os DPS foram projetados)	5×10^{-2}	5×10^{-2}
Pli (Probabilidade de falha de sistemas internos devido a uma descarga perto da linha conectada dependendo das características da linha e dos equipamentos)	0.6	1
Cli (Fator que depende da blindagem, do aterramento e das condições da isolação da linha)	1	1
$Pz = Pspd \times Pli \times Cli$	3×10^{-2}	5×10^{-2}

Lz (valores de perda na zona considerada)

Lo (Número relativo médio típico de vítimas por falha de sistemas internos devido a um evento perigoso)	1×10^{-3}
nz (Número de pessoas na zona considerada)	1
nt (Número total de pessoas na estrutura)	2
$Lz = Lo \times (nz/nt)$	5×10^{-4}

$$Rz = Rz.E + Rz.T$$

$$Rz = (Ni.E \times Pz.E \times Lz) + (Ni.T \times Pz.T \times Lz)$$

$$Rz = 1.94 \times 10^{-5} / \text{ano}$$

Resultado de R2

O risco R2 é um valor relativo a uma provável perda anual média, calculado a partir da soma dos componentes de risco citados.

$$R2 = Rb + Rc + Rm + Rv + Rw + Rz$$

$$R2 = 3.1 \times 10^{-5} / \text{ano}$$

Risco de perdas de patrimônio cultural (R3)

Os resultados para risco de perda de patrimônio cultural levam em consideração os componentes de risco de descargas na estrutura e em uma linha conectada à estrutura.

Componente Rb (risco de danos físicos na estrutura causado por descargas na estrutura)

Componente relativo a danos físicos, causados por centelhamentos perigosos dentro da estrutura iniciando incêndio ou explosão, os quais podem também colocar em perigo o meio ambiente.

Nd (número de eventos perigosos para a estrutura)

Cd (Fator de localização)	5×10^{-1}
Ng (Densidade de descargas atmosféricas para a terra)	$9.72/\text{km}^2 \times \text{ano}$
$Nd = Ng \times Ad \times Cd \times 10^{-6}$	$4.87 \times 10^{-3}/\text{ano}$

Pb (Probabilidade de uma descarga na estrutura causar danos físicos)	1×10^{-1}
--	--------------------

Lb (valores de perda na zona considerada)

rp (Fator de redução em função das providências tomadas para reduzir as consequências de um incêndio)	5×10^{-1}
rf (Fator de redução em função do risco de incêndio ou explosão na estrutura)	1×10^{-3}
Lf (Número relativo médio típico de vítimas feridas por danos físicos devido a um evento perigoso)	1×10^{-1}
cz (Valor do patrimônio cultural na zona considerada) (R\$)	0
ct (Valor total da edificação e conteúdo da estrutura) (R\$)	1000000
$Lb = rp \times rf \times Lf \times (cz/ct)$	0

$$Rb = Nd \times Pb \times Lb$$

$$Rb = 0/\text{ano}$$

Componente Rv (risco de danos físicos na estrutura causado por descargas na linha conectada)

Componente relativo a danos físicos (incêndio ou explosão iniciados por centelhamentos perigosos entre instalações

externas e partes metálicas, geralmente no ponto de entrada da linha na estrutura), devido à corrente da descarga atmosférica transmitida, ou ao longo das linhas.

AI (área de exposição equivalente de descargas para a terra que atingem a linha)

	Linhas de energia (E)	Linhas de telecomunicações (T)
LI (Comprimento da seção de linha)	250 m	250 m
AI = 40 x LI	10000 m ²	10000 m ²

Ng (Densidade de descargas atmosféricas para a terra)	9.72/km ² x ano
---	----------------------------

NI (Número médio anual de eventos perigosos devido a descargas na linha)

	Linhas de energia (E)	Linhas de telecomunicações (T)
Ci (Fator de instalação da linha)	0.5	0.5
Ct (Fator do tipo de linha)	1	1
Ce (Fator ambiental)	0.1	0.1
NI = Ng x AI x Ci x Ce x Ct x 10 ⁻⁶	4.86x10 ⁻³ /ano	4.86x10 ⁻³ /ano

Ndj (número de eventos perigosos para uma estrutura adjacente)

	Linhas de energia (E)	Linhas de telecomunicações (T)
Adj (Área de exposição equivalente da estrutura adjacente)	0 m ²	0 m ²
Cdj (Fator de localização da estrutura adjacente)	0.25	0.25
Ndj = Ng x Adj x Cdj x Ct x 10 ⁻⁶	0/ano	0/ano

Peb (Probabilidade em função do NP para qual os DPS foram projetados)	0.05
---	------

Pv (probabilidade de uma descarga em uma linha causar danos físicos)

	Linhas de energia (E)	Linhas de telecomunicações (T)
Pld (Probabilidade dependendo da resistência Rs da blindagem do cabo e da tensão suportável de impulso Uw do equipamento)	1	1
Cld (Fator dependendo das condições de blindagem, aterramento e isolamento)	1	1
$P_v = P_{eb} \times P_{ld} \times C_{ld}$	5×10^{-2}	5×10^{-2}

Lv (valores de perda na zona considerada)

rp (Fator de redução em função das providências tomadas para reduzir as consequências de um incêndio)	5×10^{-1}
rf (Fator de redução em função do risco de incêndio ou explosão na estrutura)	1×10^{-3}
Lf (Número relativo médio típico de vítimas feridas por danos físicos devido a um evento perigoso)	1×10^{-1}
cz (Valor do patrimônio cultural na zona considerada) (R\$)	0
ct (Valor total da edificação e conteúdo da estrutura) (R\$)	1000000
$L_v = r_p \times r_f \times L_f \times (c_z / c_t)$	0

$$R_v = R_{v.E} + R_{v.T}$$

$$R_v = [(Nl.E + Ndj.E) \times P_v.E \times L_v] + [(Nl.T + Ndj.T) \times P_v.T \times L_v]$$

$$R_v = 0/\text{ano}$$

Resultado de R3

O risco R3 é um valor relativo a uma provável perda anual média, calculado a partir da soma dos componentes de risco citados.

$$R3 = R_b + R_v$$

$$R3 = 0/\text{ano}$$

Avaliação final do risco

O risco é um valor relativo a uma provável perda anual média. Para cada tipo de perda que pode ocorrer na estrutura, o risco resultante deve ser avaliado. Foram avaliados os seguintes riscos:

R1: risco de perda de vida humana (incluindo ferimentos permanentes)

$$R1 = 0.00024 \times 10^{-5} / \text{ano}$$

Status: A instalação de um sistema de **SPDA não é necessária**, segundo a NBR5419/2015, pois $R \leq 10^{-5}$

R2: risco de perdas de serviço ao público

$$R2 = 0.031 \times 10^{-3} / \text{ano}$$

Status: A instalação de um sistema de **SPDA não é necessária**, segundo a NBR5419/2015, pois $R \leq 10^{-3}$

R3: risco de perdas de patrimônio cultural

$$R3 = 0 / \text{ano}$$

Status: A instalação de um sistema de **SPDA não é necessária**, segundo a NBR5419/2015, pois $R \leq 10^{-4}$

4-CONCLUSÃO DA ANALISE DE RISCO

A análise de risco foi realizada com a seguinte metodologia:

- *Primeiramente foram realizados os estudos considerando que a edificação não possui nenhuma medida de proteção contra possíveis eventos provocados por uma descarga atmosférica, ou seja, a edificação não possui sistema de proteção contra descargas atmosféricas, sistema de extintores, sistema de DPS (sistema elétricos e dados), sistema de aterramento, equipotencialização e roteamento dos cabos elétricos e dados para evitar laço ou loops. Onde foi comprovada a necessidade da instalação do SPDA.*
- *Posteriormente foram realizados os estudos considerando que a edificação possui medidas de proteção contra possíveis eventos provocados por uma descarga atmosférica, ou seja, a edificação possui sistema de proteção contra descargas atmosféricas (classe I), sistema de extintores, sistema de DPS (sistema elétrico), sistema de aterramento e equipotencialização e o roteamento dos cabos elétricos foram executados de modo a evitar grandes laços ou loops. Onde foi comprovado que os danos causados por uma descarga atmosférica são aceitáveis.*

Conforme cálculos apresentados, o fato de adotar as medidas de proteção listada acima, tornaram os danos

provocados por uma possível descarga atmosférica na edificação são aceitáveis. Portanto, é necessária a instalação das medidas de proteção já citada e descritas a seguir:

- Instalação de um sistema de proteção contra descargas atmosféricas “SPDA” classe III.
- Instalação do sistema de aterramento e equipotencialização de todos os equipamentos e massas metálicas que possa adentrar a edificação ou internas a edificação (tubos, estruturas, equipamentos, suportes metálicos ...).
- Instalação de sistema de extintores e alarme para combate a incêndio (instalar conforme recomendações do Corpo de Bombeiros (projeto aprovado)).
- Instalação de dispositivos de proteção contra surtos “DPS” na entrada de energia elétrica e quadros de distribuição.
 - Entrada de energia: DPS classe I, Uc: 175 V, UP: 4,0 KV, Imáx. 80,0 KA,
 - Quadros de distribuição: DPS classe II, Uc: 175 V, UP: 1,5 KV, Imáx: 40,0 KA.

A não instalação dos itens complementares compromete a segurança de pessoas e bens materiais da edificação. Lembrando que raios são fenômenos naturais, não sendo possível controlá-los, porém um projeto de SPDA bem projetado e executado minimizam os riscos de danos pessoais e materiais.

Além das instalações dos sistemas sugeridos neste documento, recomenda-se que no caso de chuvas com trovoadas ou tempestades o depósito do armazém não seja utilizado por pessoas como abrigo, pois correm o risco de sobre possíveis danos provocados por uma descarga atmosférica.

5-DESCRIÇÃO DO SISTEMA DE PROTEÇÃO CONTRA DESCARGAS ATMOSFÉRICAS.

A edificação é nova, composta por pilares de concreto e cobertura com estrutura e telhas metálica.

O sistema de proteção contra descargas atmosférica será composto por anel do eletrodo de aterramento, subsistema de descidas instaladas embutidos e subsistema de captadores. Adotado o **método natural**.

5.1-Subsistema de aterramento

O arranjo do eletrodo de aterramento adotado é um **anel de condutor de cobre nu # 50,0 mm²** (conforme tabela 7 da NBR-5419:2015), fio #3,0 mm², contornando toda a edificação à uma distância mínima de 1,25 m da parede da edificação.

A vala do eletroduto de aterramento deverá ter uma profundidade de 0,50 m do piso acaba. Em toda extensão da vala deverá ser aplicado uma camada de 0,20 m de pedra brita nº 2 e 0,10 m de asfalto frio sobre a pedra brita, esta medida foi adotada para reduzir os efeitos das tensões superficiais de passo e toque caso a edificação receba uma descarga atmosférica.

Todas as conexões do eletroduto de aterramento deverão ser executadas com solda exotérmica.

A interligação do eletrodo de aterramento com o subsistema de descidas será por meio de pino rosca $\varnothing 3/8"$ x 1" na base do pilar metálico, a 0,30m do piso acabado, desta forma, não será necessário utilização de caixa de medição, pois a conexão do aterramento com a edificação é desconectável por meio do pino rosca com porca e arruelas.

Foi adotada a instalação do barramento de equipotencialização principal "BEP" dentro do quadro de distribuição.

Prever a interligação do eletroduto de aterramento com o neutro da entrada de energia, uma única vez e na entrada de energia.

5.2-Subsistema de descidas

Adotado subsistema de **descidas natural**, utilizando os pilares metálicos 140x140x4,50 mm como condutores de descidas, interligado com as estruturas do telhado e telhas metálicas.

Adotado a instalação de pino rosca $\varnothing 3/8"$ x 1" na base do pilar metálico, a 0,30m do piso acabado, para fixação do condutor de aterramento com terminal de compressão estanhado #50,0mm². A fixação deverá ser feita com porca, arruela lisa e arruela de pressão $\varnothing 3/8"$ em inox.

Foi adotada mais de 4 descidas.

5.3-Subsistema de captores

Foi adotado o **método natural** para execução do subsistema de captores, utilizando a estrutura metálica e telhas como captor natural, portanto as telhas deverão possuir uma espessura mínima de 0,5 mm².

As fixações e conexões devem ser executadas com parafusos em inox.

5.4-SPDA interno

O SPDA interno consiste na instalação de dispositivos de proteção contra surtos nos quadros de distribuição e na entrada de energia elétrica e o aterramento e equipotencialização de todas as massas da edificação.

Instalação de dispositivos de proteção contra surtos "DPS" na entrada de energia elétrica e quadros de distribuição conforme já descrito.

Aterramento e equipotencialização das massas da edificação, devem ser executados conforme tabela 58 da NBR-5410.

- *Aterramento do quadro de distribuição,*
- *Aterramento dos circuitos de tomada e iluminação,*
- *Equipotencialização de todas as esquadrias metálicas da edificação,*
- *Equipotencialização de todas as tubulações metálicas da edificação,*
- *Equipotencialização dos fechamentos, gradis, peitoris e portões da edificação.*

A equipotencialização pode ser executada diretamente na malha do eletrodo de aterramento ou por meio do condutor de proteção ligado ao BEP ou BEL.

5.5-Fixações

Os eletrodutos de proteção deverão ser fixados a cada 1,0 m com bucha plástica S8 com parafuso sextavado e arruela em inox.

As fixações das barras chatas de alumínio na alvenaria deverão ser executadas a cada 1,0 m com bucha plástica S8 com parafuso sextavado e arruela em inox.

As fixações das barras chatas de alumínio nas telhas deverão ser executadas com parafuso sextavado $\varnothing 1/4'' \times 1''$ com porca, arruela lisa, contra arruela e arruela de pressão, todos em inox. As furações nas telhas deverão ser feitas na parte alta da canaleta e protegidas com massa de PU flexível para evitar infiltração de água. Outra opção é a utilização de suporte e cola da Termotécnica para fixação das barras no telhado.

As fixações entre as barras de alumínio devem ser executadas com 2 parafusos sextavados $\varnothing 1/4'' \times 1''$ com porca, arruela lisa, contra arruela e arruela de pressão, todos em inox com uma sobreposição de 100,0 entre as barras de alumínio.

As fixações entre as barras de alumínio e cabos do rabicho de aterramento deverão ser executadas dentro da caixa de medição com terminal de compressão #50,0 mm² dois furos e parafuso sextavado $\varnothing 5/16'' \times 1.1/4''$ com porca, arruela lisa, contra arruela e arruela de pressão, todos em inox.

Adotar a calafetação das bocas dos eletrodutos com massa própria.

6-MANUTENÇÃO.

A manutenção periódica e de fundamental importância para o sistema de proteção contra descargas atmosféricas, portanto, deve-se fazer uma inspeção visual anualmente e uma inspeção completa a cada três anos ou logo após a edificação seja atingida por uma descarga atmosférica.

A instaladora ao termino das instalações e testes do SPDA deverá fornecer um relatório completo da instalação do sistema contendo:

- Anotações e recomendações levantadas na execução,
- As built dos projetos completos do SPDA,
- Relatório com os valores dos ensaios de continuidade e da resistência da malha de aterramento,
- Anotação de responsabilidade técnica "ART".

7- DESCRIÇÃO MATERIAIS.

7.1-Cabo de cobre nu

Cabo de cobre nu, constituído por fios de cobre nu eletrolítico, seção circular, têmpera meio-mole, encordoamento classe 2 da NBR 6880, devendo ser fornecidos todos os acessórios para sua instalação.

Aplicação: Malha de Aterramento.

Norma específica: NBR 6524, NBR 5111, NBR 5349.

7.2-Caixa de equalização (bep)

Caixa em aço para equalização de potenciais, em aço, dimensões mínimas 200x200x80mm, uso interno de sobrepor, com barramento de cobre com espessura de 6 mm. Deve possuir 8 terminais de pressão para cabo de cobre de 16 mm² e 1 terminal de pressão para cabo de cobre de 50mm², devendo ser fornecidos todos os acessórios para sua fixação.

Referência: Paratec, Montal, Termotécnica ou equivalentes técnicos.

7.3-Caixa de inspeção de solo

A caixa de inspeção deve ser de PVC, do tipo solo, dimensões Ø 300 x 600 mm, com tampa de ferro fundido e com garras. Deverá suportar carga máxima de 300 kg.

Aplicação: Malha de Aterramento.

Referência: Paratec, Montal, Termotécnica ou equivalentes técnicos.

7.4-Conector terminal

Terminal de pressão para cabo de cobre, fabricado em bronze de alta resistência mecânica e a corrosão.

Referência: Burndy (linha QA), Eltec, Magnet, L.M ou equivalentes técnicos.

7.5-Haste de aterramento

Haste de aterramento, fabricada com núcleo de aço SAE 1045 revestido em cobre eletrolítico, e possuir dimensões de 5/8" de diâmetro por 2,4m de comprimento, com recobrimento em cobre com espessura mínima de 254 microns.

Norma específica: NBR 13571.

Referência: Intelli, Burndy, Eltec, Gamatec ou equivalentes técnicos.

8– NORMAS APLICADAS.

Para elaboração e execução dos projetos foram adotados os parâmetros técnicos e de seguranças das normas da Associação Brasileira de Normas Técnicas, Normas Regulamentadoras do Ministério do Trabalho e Emprego e Normas Técnicas da CPFL Paulista.

- I. NBR-5410:2004 (instalações elétricas de baixa tensão),*
- II. NBR-5419:2015 (sistema de proteção contra descargas atmosféricas),*
- III. NR-10 (segurança em instalações e serviços em eletricidade),*

Leandro Moreira

Eng. Eletricista

CREA Nº: 5.063.381.564