



Ministério da Educação
Fundo Nacional de Desenvolvimento da Educação
Diretoria de Gestão, Articulação e Projetos Educacionais - DIGAP
Coordenação Geral de Infraestrutura Educacional - CGEST



PROJETO DE PROTEÇÃO CONTRA DESCARGAS ATMOSFÉRICAS MEMORIAL DE CÁLCULO



PROJETO CRECHE PRÉ-ESCOLA TIPO 2



SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	6
1.1	Responsável pelo Projeto	6
1.2	Objetivo	6
1.3	Norma utilizada como referência para este projeto	6
1.4	Folhas de desenho pertencentes ao projeto	7
2	CÁLCULO DO RISCO PARA O SPDA	8
2.1	Risco tolerável.....	8
2.2	Dados de entrada para os cálculos	8
2.2.1	Densidade de descargas atmosféricas para a terra [Ng]	8
2.2.2	Geometria da Estrutura.....	9
2.2.3	Dados de entrada referentes a estrutura	9
2.2.4	Dados de entrada: probabilidades de danos.....	10
2.2.5	Dados de entrada: quantidade de perdas	12
2.2.6	Perdas.....	14
2.3	Cálculo do Risco R1 da Zona de proteção da FNDE	14
3	SELEÇÃO DAS MEDIDAS DE PROTEÇÃO.....	16
3.1	Risco Total	16
4	CARACTERÍSTICAS DO SPDA CALCULADO.....	17
4.1	Cálculo do Número de descidas [N].....	17
4.2	Cálculo do comprimento do condutor de aterramento	17
4.3	Tipo e localização do DPS	18
5	DESCRIÇÃO EXECUTIVA DO SISTEMA DE PROTEÇÃO CONTRA DESCARGAS ATMOSFÉRICAS (SPDA)	19
5.1	Subsistema de captação	19
5.2	Subsistema de condutores de descida	19
5.3	Subsistema de aterramento	20
6	CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES FINAIS	21



7	APÊNDICE A: Seções mínimas dos materiais para o SPDA	23
7.1	Condutores de Captação, Hastes Captoras e Condutores de Descidas.....	23
7.2	Eletrodo de Aterramento	24
8	APÊNDICE B: Memória de Cálculo.....	25



LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Versões deste documento.....	Erro! Indicador não definido.
Tabela 2 – Valores de risco tolerável RT para referência.....	8
Tabela 3 – Dimensões da estrutura considerada neste projeto	9
Tabela 4 – Dados de entrada para a estrutura.....	10
Tabela 5 – Dados de entrada do Anexo B da NBR 5419-2.....	10
Tabela 6 – Dados de entrada do Anexo C da NBR 5419-2	13
Tabela 7 – Componentes de risco	15
Tabela 8 – Especificação do DPS classe I/II.....	18



LISTA DE ABREVIATURAS

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
ART	Anotação de Responsabilidade Técnica
AT	Alta Tensão
BT	Baixa Tensão
CREA	Conselho Regional de Engenharia e Agronomia
DR	Diferencial Residual
DPS	Dispositivo de Proteção contra Surtos de tensão
IEC	<i>International Electrotechnical Commission</i>
MT	Média Tensão
PPCI	Plano de Prevenção e proteção de Combate a Incêndio
QGBT	Quadro Geral de Baixa Tensão
SPDA	Sistema de Proteção contra Descargas Atmosféricas



MEMORIAL DESCRITIVO DO PROJETO DE SPDA

1 INTRODUÇÃO

1.1 Responsável pelo Projeto

Engenheiro eletricitista responsável: Yuri Solis Stypulkowski / CREA RS 110448.

Empresa: Solis Engenharia Ltda.

CNPJ: 29.324.872/0001-97

Endereço: Rua Domingos Martins, 111, sala 901 – Centro, Canoas / RS.

Telefone de contato: (51) 3103-2600

E-mail de contato: contato@solisengenharia.com.br

1.2 Objetivo

Este memorial tem por objetivo descrever o projeto padrão do Sistema de Proteção contra Descargas Atmosféricas (SPDA) para as creches tipo 2 da Fundação Nacional de Desenvolvimento da Educação (FNDE).

1.3 Norma utilizada como referência para este projeto

A Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) elaborou e mantém em vigor a norma brasileira que referencia o SPDA: NBR 5419, “Proteção contra descargas atmosféricas”. Esta norma NBR 5419 possui a última revisão vigente deste 22/06/2015, com errata de 2018. Esta norma foi *baseada* na norma internacional IEC 61024, possui quatro partes, totalizando 380 páginas, enquanto a versão anterior de 2005 contava com 42 páginas. Cada parte da norma vigente descreve e regulamenta uma parte da norma:

- NBR 5419-1:2015 → Princípios gerais
- NBR 5419-2:2015 Errata 1:2018 → Gerenciamento de risco
- NBR 5419-3:2015 Errata 1:2018 → Danos físicos a estruturas e perigos à vida
- NBR 5419-4:2015 Errata 1:2018 → Sistemas elétricos e eletrônicos internos na estrutura.



1.4 Folhas de desenho pertencentes ao projeto

O projeto de SPDA descrito neste memorial possui 02 folhas (ou pranchas desenho), sendo estas numeradas e identificadas conforme a seguir:

- 1) 1 – Aterramento
- 2) 2 – Captação e Descida



2 CÁLCULO DO RISCO PARA O SPDA

2.1 Risco tolerável

O cálculo da análise de risco ou gerenciamento de risco conforme previsto na NBR 5419 Parte 2 está relacionado neste capítulo como um memorial de cálculo. O risco calculado no final deve ser comparado ao limite tolerável descrito na norma NBR 5419 Parte 2 e mostrado na Tabela 1.

Tabela 1 – Valores de risco tolerável R_T para referência

Tipo de perda		$R_T(y^{-1})$
L1	Perda de vida humana ou ferimentos permanentes	10^{-5}
L2	Perda de serviço ao público	10^{-3}
L3	Perda de patrimônio cultural	10^{-4}

Para melhor entendimento dos valores de risco tolerável informados na Tabela 1, o limite de 10^{-5} para a perda de vida humana ou ferimentos permanentes (tipo L1) significa que é tolerável uma perda em 10^5 , ou seja, uma perda em 100.000 eventos. Neste caso, um evento é a incidência de uma descarga atmosférica. Neste projeto para as creches tipo 1 da FNDE, serão considerados apenas os tipos de perda L1, já que a edificação apresenta somente o tipo de perda de vida humana ou ferimentos permanentes. É importante salientar que a perda de serviço ao público indicada em L2 é relativa aos serviços públicos de abastecimento (energia elétrica, água, gás etc.), o que não se enquadra no tipo de edificação aqui contemplada.

2.2 Dados de entrada para os cálculos

2.2.1 Densidade de descargas atmosféricas para a terra [Ng]

Por se tratar de projeto padrão a ser replicado em todo o território nacional, a análise de risco foi desenvolvida para o pior caso de densidade de descargas atmosféricas para a terra considerada no Brasil, conforme o anexo F da ABNT NBR 5419-2:2015.



$N_g = 19$ [Descargas/km²/ano].

Fonte = Figura F.1 (ABNT NBR 5419-2:2015).

2.2.2 Geometria da Estrutura

As dimensões consideradas para a análise de risco da estrutura padrão são indicadas na Tabela 2.

Tabela 2 – Dimensões da estrutura considerada neste projeto

Dimensão	Estrutura
H (altura)	5,0 m
W (largura)	32,0 m
L (comprimento)	37,0 m
Área de exposição equivalente A_D para uma estrutura retangular	3.960,86 m ²

2.2.3 Dados de entrada referentes a estrutura

Na Tabela 3 são indicados os fatores utilizados referentes aos dados de entrada da estrutura. Foram considerados os piores casos.



Tabela 3 – Dados de entrada para a estrutura

Sigla	Descrição	Referência na norma	Valor considerado	Comentário
C _D	Fator de localização	Tabela A.1	2	Estrutura isolada no topo de uma colina ou monte
C _I	Fator de instalação da linha	Tabela A.2	1	Aéreo
C _T	Fator do Tipo de Linha	Tabela A.3	1	Linha de Energia ou Sinal
C _E	Fator ambiental da linha	Tabela A.4	1	Rural

2.2.4 Dados de entrada: probabilidades de danos

A probabilidade de um evento perigoso causar danos dentro da estrutura a ser protegida, ou na estrutura em si, é avaliado pela probabilidade P_x de danos, e na Tabela 4 são mostrados os dados que subsidiam a avaliação de P_x . Foram consideradas as medidas de proteção resultantes da análise e o caso mais crítico para os demais fatores.

Tabela 4 – Dados de entrada do Anexo B da NBR 5419-2

Sigla	Descrição	Referência na norma	Valor considerado	Comentário
P _{TA}	Proteção adicional contra tensões de toque e passo	Tabela B.1	2	Nenhuma medida de proteção
P _B	Proteção para reduzir danos físicos	Tabela B.2	0,2	Estrutura protegida por SPDA - Classe IV
P _{SPD}	Sistema coordenado de DPS	Tabela B.3	0,05	DPS Classe III-IV
C _{LD}	Tipo de linha externa de energia	Tabela B.4	1	Linha enterrada não blindada
C _{LI}			1	



Continuação da Tabela 4 – Dados de entrada do Anexo B da NBR 5419-2

Sigla	Descrição	Referência na norma	Valor considerado	Comentário
C _{LDt}	Tipo de linha externa de sinal	Tabela B.4	1	Linha enterrada não blindada
C _{LIt}			1	
K _{S1}	Eficiência da blindagem por malha da estrutura, SPDA ou outra blindagem na interface ZPR 0/1	Anexo B.5	1	
K _{S2}	Eficiência da blindagem por malha de blindagem interna a estrutura na interface ZPR X/Y ($X > 0$, $Y > 1$)	Anexo B.5	1	
K _{S3}	Tipo de fiação interna	Tabela B.5	1	Cabo não blindado – sem preocupação no roteamento no sentido de evitar laços
K _{S4}	Tensão suportável de impulso do sistema	Anexo B.5	1	$K_{S4} = 1/U_w$ ($U_w = 1$ kV)
P _{TU}	Medidas de proteção contra descargas na linha	Tabela B.6	1	Nenhuma medida de proteção
P _{EB}	DPS em função do nível de proteção contra descargas atmosféricas	Tabela B.7	0,05	DPS Classe III-IV
P _{LD}	Roteamento, blindagem e interligação: linha de energia	Tabela B.8	1	Linha aérea, não blindada



P_{LDt}	Roteamento, blindagem e interligação: linha de sinal	Tabela B.8	1	Linha aérea, não blindada
P_{LI}	Depende da tensão suportável de impulso U_w	Tabela B.9	1	$U_w = 1 \text{ kV}$

2.2.5 Dados de entrada: quantidade de perdas

A quantidade média de perda (pessoas e bens) consequente a um tipo específico de dano devido a um evento perigoso, relativo a um valor (pessoas e bens) de uma estrutura a ser protegida é expresso por L_X , e na Tabela 5 estão descritos os parâmetros que subsidiam a análise de quantidade de perda L_X . As perdas adicionais (L_E) refletem a perda devido a danos físicos fora da estrutura (L_{FE}), pelo tempo da presença de pessoas nos lugares perigosos fora da estrutura (t_E).



Tabela 5 – Dados de entrada do Anexo C da NBR 5419-2

Sigla	Descrição	Referência na norma	Valor considerado	Comentário
L _T	Número relativo médio típico de vítimas feridas por choque elétrico	Tabela C.2	0,01	Todos os tipos de estrutura
L _F	Número relativo médio típico de vítimas por danos físicos		0,1	Escola
L _O	Número relativo médio típico de vítimas por falha de sistemas internos		0	Não Aplicável
r _t	Tipo da superfície do solo ou piso	Tabela C.3	0,001	Cerâmica
r _p	Providências tomadas para reduzir as consequências de um incêndio	Tabela C.4	0,5	Uma das seguintes providências: extintores, instalações fixas operadas manualmente, instalações de alarme manuais, hidrantes, compartimentos à prova de fogo, rotas de escape
r _f	Risco de incêndio ou explosão na estrutura	Tabela C.5	0,001	Incêndio: Risco Baixo
h _z	Presença de perigo especial	Tabela C.6	1	Sem perigo especial

Continuação da Tabela 5

Sigla	Descrição	Referência na norma	Valor considerado	Comentário
--------------	------------------	----------------------------	--------------------------	-------------------



n _t	Número total de pessoas na estrutura	Anexo C.3	200	Número aproximado da soma de crianças máximas comportadas na creche e funcionários
n _z	Número de pessoas na zona		200	
t _z	Tempo de presença das pessoas na zona		3168	Considerando 12 horas diárias durante 22 dias do mês e os 12 meses do ano (h/ano)

2.2.6 Perdas

- ☐ L1 - Perda de vida humana incluindo ferimento permanente → Considerar
- ☐ L2 - Perda inaceitável de serviço ao público → Desprezar
- ☐ L3 - Perda inaceitável de patrimônio cultural → Desprezar
- ☐ L4 - Perda econômica → Desprezar
- ☐ Risco de Explosão / Hospitais → Não

2.3 **Cálculo do Risco R1 da Zona de proteção da FNDE**

Os componentes de risco que devem ser avaliados conforme a NBR 5419:2015 estão devidamente identificados na Tabela 6. Para as componentes abaixo, quando o mesmo estiver acompanhado da letra *t*, significa que o componente se refere a uma linha de sinal, e para os demais a aplicação é para uma linha de energia.



Tabela 6 – Componentes de risco

Sigla	Descrição do componente de risco
Ra	Ferimentos a seres vivos – descarga atmosférica na estrutura
Rb	Danos físicos na estrutura – descarga atmosférica na estrutura
Rc	Falha dos sistemas internos – descarga atmosférica na estrutura
Rm	Falha dos sistemas internos – descarga atmosférica perto da estrutura
Ru	Ferimentos a seres vivos – descarga atmosférica na linha conectada
Rv	Danos físicos na estrutura – descarga atmosférica na linha conectada
Rw	Falha dos sistemas internos – descarga atmosférica na linha conectada
Rz	Falha dos sistemas internos – descarga atmosférica perto da linha
R1	Total do risco de perda de vida humana (incluindo ferimentos permanentes) Limite de tolerância: 1.10^{-5}

- R1 → total do risco R1

$$R1 = Ra + Rb + Rc + Rm + Ru + Rut + Rv + Rvt + Rw + Rwt + Rz + Rzt$$

$$R1 = 0,2302 \cdot 10^{-5}$$



3 SELEÇÃO DAS MEDIDAS DE PROTEÇÃO

As medidas de proteção selecionadas para o projeto padrão de PDA para as creches tipo 2 da FNDE se mostraram adequadas, pois reduziram R1, único a ser considerado, ao valor tolerável (abaixo de $1,0 \cdot 10^{-5}$).

3.1 Risco Total

O risco total para a zona de proteção da creche tipo 2 da FNDE é a avaliação conjunta de todos os riscos, neste projeto específico somente o risco R1 (risco de perda de vida humana e ferimentos permanentes, conforme seção 2.2.6). A estrutura estará protegida se a soma do valor destes riscos calculados apresentarem valor inferior a cada limite tolerável. Quanto menor o risco, maior será o nível de proteção da edificação.

➤ Medidas de proteção necessárias:

- **SPDA classe IV, e**
- **DPS classe III-IV.**

➤ Estrutura Protegida:

$$\begin{aligned}R_1 &\leq R_{T1} \\ R_{T1} &= 1 \cdot 10^{-5} \\ R_1 &= 0,2302 \cdot 10^{-5} \leq 1 \cdot 10^{-5}\end{aligned}$$

Como o risco R1 estará dentro dos limites de tolerância, com a adoção das medidas descritas neste projeto com um SPDA classe IV com DPS classe III-IV, a estrutura será considerada protegida contra descargas atmosféricas.



4 CARACTERÍSTICAS DO SPDA CALCULADO

- ✓ Nível de Proteção (ou classe de proteção) adotada: Classe IV
- ✓ Método de captação utilizado: Malhas

4.1 Cálculo do Número de descidas [N]

- Perímetro = 195 m;
- Nível de Proteção IV: Espaçamento médio entre as descidas = 20 m;
- Número mínimo de descidas $N = 10$ descidas;
- Número escolhido para a quantidade de descidas $N = 14$ descidas.

Para o subsistema de descida, a norma NBR 5419-3:2015, tabela 4, determina que um SPDA classe IV tenha a distância máxima de 20 metros entre as descidas, com uma flexibilização limite de +20% entre descidas (máximo de 24 metros).

Conforme a NBR 5419-3:2015, item 5.3.3: “Um condutor de descida deve ser instalado, preferencialmente, em cada canto saliente da estrutura, além dos demais condutores impostos pela distância de segurança calculada.” Para atender este item, o posicionamento dos condutores de descida foi definido priorizando os cantos salientes da edificação.

4.2 Cálculo do comprimento do condutor de aterramento

A topologia adotada para o subsistema de aterramento da edificação para as creches tipo 2 é um anel de cabo de cobre nu 50 mm² (7 fios) enterrado no mínimo 90 cm de profundidade em vala distante de no mínimo 1,0 m das paredes externas da edificação. Ao pé de cada descida deve ser cravada uma haste de 5/8” x 2,40 m e conectada ao cabo de aterramento utilizando conector de bronze para uma haste e dois cabos. O local de conexão cabos/haste deve ser protegido por caixa de inspeção de solo 300 x 300 mm. Os detalhes executivos são indicados nas pranchas de projeto.

O subsistema de aterramento proposto atende ao comprimento mínimo exigido pela ABNT NBR 5419-3:2015, que indica que o raio médio da área abrangida pelo aterramento para SPDA classe III e IV seja de no mínimo 5,0 m. O raio médio da área abrangida pelo aterramento proposto é de 20,6 m.



4.3 Tipo e localização do DPS

O DPS deve ser instalado junto à entrada de energia da edificação. Deve ser tetrapolar (para entrada de energia trifásica) do Tipo (classe) I/II, ou seja, para forma de onda de corrente 8/20 μ s e 10/350 μ s.

A tensão nominal dos DPS deverá ser a tensão fase-terra do sistema. Caso a tensão do sistema elétrico no local for 220/127 V, a tensão fase-terra considerada é 127V e a tensão nominal dos DPS deve ser 175 V. Caso a tensão do sistema elétrico no local for 380/220 V, a tensão fase-terra considerada é 220 V e a tensão nominal dos DPS deve ser 275V. A tensão máxima de operação dos DPS é maior que a tensão nominal da rede para compensar sobretensões temporárias existentes em qualquer sistema elétrico.

A interligação entre os DPS e a barra de aterramento deve ser retilíneas e o mais curto possível, não excedendo o comprimento de 0,5 m. As especificações do DPS são apresentadas na Tabela 7.

Tabela 7 – Especificação do DPS classe I/II

Local	Tipo do DPS (Classe)	Polos	Tensão Nominal (Vn)	I _{imp}	I _n	I _{max}
Entrada de energia	I/II	4P	175 V ou 275 V	12,5 kA	30 kA	60 kA

O Nível de Proteção (Up) dos DPS deve ser menor que o nível de suportabilidade das instalações a que estão protegendo. O nível de suportabilidade considerado para o presente projeto é de 1kV.

As linhas de sinal que adentram a estrutura devem receber proteção através de DPS específico levando em consideração a suportabilidade do sistema e a máxima corrente de descarga de 25 kA. As informações referentes a estes sistemas devem ser fornecidas pelo fornecedor do serviço de sinal.



5 DESCRIÇÃO EXECUTIVA DO SISTEMA DE PROTEÇÃO CONTRA DESCARGAS ATMOSFÉRICAS (SPDA)

5.1 Subsistema de captação

O subsistema de captação será composto por malha de captação em barra chata de alumínio 7/8" x 1/8" lançada sobre a platibanda da edificação. A fixação das barras deverá ser efetuada com parafusos de aço inox 4,2 x 32 mm e bucha de nylon nº 6. Todos os furos executados deverão ser vedados com a utilização de poliuretano.

Com o intuito de evitar impactos diretos com as barras chatas lançadas horizontalmente deverão ser instalados minicaptadores aéreos de 30 cm de altura e compostos de barra chata de alumínio 7/8" x 1/8". A fixação dos terminais aéreos às barras chatas horizontais deverá ser executada com parafuso de aço inox 1/4" X 5/8" e porca sextavada em aço inox de 1/4".

As emendas entre barras chatas deverão ser executadas com dois parafusos em alumínio de 1/4" x 5/8" e porca em alumínio 1/4". As barras deverão ser transpassadas em 20 cm para a emenda. As barras deverão ser fixadas na platibanda imediatamente em ambos os lados da emenda.

A conexão entre os minicaptadores da malha de captação e os condutores de descida deverá ser executada com conector tipo aterrinsert, ou equivalente, e redutor sextavado M12 x 3/8" zincado.

O castelo d'água metálico atua como captor e condutor de descida natural, dispensando a instalação de sistema de externo de captação e descida.

5.2 Subsistema de condutores de descida

O subsistema de condutores de descida será composto por 14 condutores do tipo rebar em aço de seção 50 mm² e 3,0 m de comprimento. Os condutores deverão passar no interior dos pilares antes da concretagem dos mesmos e deverão ser amarrados nas ferragens estruturais, conforme os detalhes das pranchas de projeto. As emendas entre rebares deverão ser realizadas com a utilização de três grampos tipo clips e transpasse de, no mínimo, 20 cm.

Nas extremidades superior e inferior deverão ser instalados conectores tipo aterrinsert, ou equivalente, para a conexão dos condutores de captação a descida externa.



A descida externa será composta por cabo de cobre nu 50 mm² no interior de um eletroduto de PVC 1" fixado na parede por abraçadeiras tipo colar, com condutele de inspeção em PVC com tampa e conector de medição em latão com 4 parafusos a 1,5 m de altura do piso. O cabo de cobre será conectado ao Aterrinert inferior por um terminal de compressão de cobre estanhado 1 furo e parafuso cabeça chata em alumínio 1/4" x 7/8". O cabo de cobre segue para a malha de aterramento.

5.3 Subsistema de aterramento

O subsistema de aterramento da edificação para as creches tipo 2 é um anel de cabo de cobre nu 50 mm² (7 fios) enterrado no mínimo 90 cm de profundidade em vala distante de no mínimo 1,0 m das paredes externas da edificação, sendo estas distâncias especificadas em planta. Ao pé de cada descida deve ser cravada uma haste de 5/8" x 2,40 m e conectada ao cabo de aterramento utilizando conector de bronze para uma haste e dois cabos. O local de conexão cabos/haste deve ser protegido por caixa de inspeção de solo 300 x 300 mm. Os detalhes executivos são indicados nas pranchas de projeto.

O castelo d'água metálico deve ser aterrado em dois pontos, conforme indicado na planta baixa, utilizando cabo de cobre nu 50 mm² (7 fios) e terminal tipo sapata. O ponto de aterramento do castelo d'água deve ser indicado pelo fabricante. No caso de não possuir terminais apropriados para aterramento indicado pelo fabricante, podem ser utilizados os chumbadores de fixação do castelo e porca de aço inox. O terminal a ser utilizado deve ser compatível com a seção do chumbador e ser composto de material bimetálico compatível com cobre e o material da estrutura do castelo d'água.



6 CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES FINAIS

Neste projeto para o FNDE, foi considerado apenas o tipo de perda L1 (perda de vida humana ou ferimentos permanentes), cujo risco tolerável é 10^{-5} .

Este projeto considerou um SPDA classe IV, com a adoção de DPS classe III-IV. A fiação de sinal externa que adentre a edificação, como telefonia, câmeras de vigilância, televisão e similares, precisam ter no seu quadro um DPS classe I (DPS específico para circuitos de sinal) indicado pelo fabricante ou fornecedor de sinal. Assim o risco calculado será inferior ao limite da norma NBR 5419-2015, e o SPDA atenderá o seu objetivo, oferecendo segurança pois os riscos de perda de vida humana ou ferimentos permanentes (R1) estará abaixo do limite máximo (tolerável) descrito na norma.

A instalação de DPS se faz necessária também para atender a norma NBR 5410:2004 (“Instalações elétricas de baixa tensão”), a qual exige o uso de DPS e também disjuntor (ou Interruptor) Diferencial Residual (DR) nas instalações elétricas. Portanto, a instalação de DPS deve seguir as diretrizes do projeto elétrico.

Quanto as inspeções, a norma NBR 5419-3:2015 orienta para que sejam realizadas:

- durante a construção, com o objetivo de assegurar que os elementos do SPDA projetado estão sendo executados com os materiais em boas condições e sem sinais de corrosão;
- após a instalação do SPDA, no momento da emissão do documento “*as built*” (significa “como construído”);
- periodicamente, sendo a cada três anos por um profissional legalmente habilitado.

Após a execução deste projeto, deverão ser realizadas as inspeções e medições de indicadas na seção 7 da ABNT NBR 5419-3:2015. As inspeções e medições deverão ser realizadas por um profissional legalmente habilitado, com a utilização de equipamentos adequados e com certificados de calibração válidos, e registradas na forma de relatório técnico e arquivadas junto à documentação do Prontuário de Instalações Elétricas da unidade.

Os elementos metálicos (antenas, tubulações, exaustores etc.) que forem instalados na cobertura das edificações construídas a partir deste projeto deverão passar por análise técnica de profissional legalmente habilitado para verificar o atendimento à distância de segurança (distância de separação) ou a indicação de equipotencialização adequada.

De forma resumida, o SPDA da edificação terá o nível de proteção (ou classe de proteção) IV, com 14 descidas. A malha de captação no telhado será composto por barras chatas de alumínio 7/8”x1/8” e minicaptadores de 30 cm, e as descidas serão por dentro dos pilares, utilizando condutor rebar com seção de 50 mm², e externas, utilizando cabo de cobre



Ministério da Educação
Fundo Nacional de Desenvolvimento da Educação
Diretoria de Gestão, Articulação e Projetos Educacionais - DIGAP
Coordenação Geral de Infraestrutura Educacional - CGEST



nu 50 mm². O anel de aterramento será de cabo de cobre nu 50 mm² complementado por haste de aterramento, conforme notas e detalhes executivos nas pranchas de projeto.

O castelo d'água terá captação e descida natural através da própria estrutura metálica e deverá ser aterrado em dois pontos conforme as indicações nas pranchas de projeto.

Canoas / RS, 28 de fevereiro de 2025.

Responsável técnico pelo projeto:

Msc. Eng. Eletricista Yuri Solis Stypulkowski
CREA RS 110448



7 APÊNDICE A: Seções mínimas dos materiais para o SPDA

7.1 Condutores de Captação, Hastes Captoras e Condutores de Descidas

Cobre - Fita maciça 35mm² - Espessura 1.75 mm
Cobre - Arredondado maciço 35mm² - Diâmetro 6 mm
Cobre - Encordado 35mm² - Diâmetro de cada fio da cordoalha 2.5mm
Cobre - Arredondado maciço (b) 200mm² - Diâmetro 16 mm
Alumínio - Fita maciça 70mm² - Espessura 3 mm
Alumínio - Arredondado maciço 70mm² - Diâmetro 9.5mm
Alumínio - Encordado 70mm² - Diâmetro de cada fio da cordoalha 3.5mm
Alumínio - Arredondado maciço (b) 200mm² - Diâmetro 16 mm
Aço Cobreado IACS 30% - Arredondado maciço 50mm² - Diâmetro 8 mm
Aço Cobreado IACS 30% - Encordado 50mm² - Diâmetro de cada fio da cordoalha 3 mm
Alumínio Cobreado IACS 64% - Arredondado maciço 50mm² - Diâmetro 8 mm
Alumínio Cobreado IACS 64% - Encordado 70mm² - Diâmetro de cada fio 3.6 mm
Aço Galv.a quente - Fita maciça 50mm² - Espessura mínima 2.5mm
Aço Galv.a quente - Arredondado maciço 50mm² - Diâmetro 8 mm
Aço Galv.a quente - Encordado 50mm² - Diâmetro de cada fio cordoalha 1.7 mm
Aço Galv.a quente - Arredondado maciço (b) 200mm² - Diâmetro 16 mm
Aço Inoxidável - Fita maciça 50mm² - Espessura 2 mm
Aço Inoxidável - Arredondado maciço 50mm² - Diâmetro 8 mm
Aço Inoxidável - Encordado 70mm² - Diâmetro de cada fio cordoalha 1.7 mm
Aço Inoxidável - Arredondado maciço (b) 200mm² - 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.



7.2 Eletrodo de Aterramento

Cobre - Encordado - 50 mm² - Diâmetro de cada fio - cordoalha 3 mm
Cobre - Arredondado maciço - 50mm² - Diâmetro 8 mm
Cobre - Fita maciça - 50 mm² - 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 mm² - Espessura 3 mm
Aço Galv.a quente - Encordado - 70 mm²
Aço Cobreado - Arredondado maciço - Eletrodo cravado 12.7mm
Aço Cobreado - Encordado 70 mm² - 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 - 100mm² - Espessa mínima 2 mm



8 APÊNDICE B: Memória de Cálculo

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

$$Ng = 19 \text{ [Descargas / km}^2\text{/ano]}$$

Fonte = Mapa - Brasil

2) Geometria da Estrutura

$$\text{Comprimento [L]} = 37 \text{ m}$$

$$\text{Largura [W]} = 32 \text{ m}$$

$$\text{Altura [H]} = 5 \text{ m}$$

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

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

$$Ad = 37 * 32 + 2 * (3 * 5) * (37 + 32) + 3.14159 * (3 * 5)^2$$

$$Ad = 3960.86 \text{ m}^2$$

4) Fatores de Ponderação

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

Estrutura isolada no topo de uma colina ou monte

$$Cd = 2.0$$

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 ou Sinal

$$Ct = 1.0$$



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

Rural
Ce = 1.0

4.6) Comprimento da Linha de Sinal

Llt = 1000 [m]

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

Aéreo
Cit = 1.0

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

Linha de Energia ou Sinal
Ctt = 1.0

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

Rural
Cet = 1.0

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

$Nd = Ng * Ad * Cd * 10^{-6}$
Nd = 0.15051

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

$Nm = Ng * Am * 10^{-6}$
 $Am = 2 * 500 * (L + W) + Pi * 500^2$
Am = 854398.16
Nm = 16.23357

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

$Nl = Ng * Al * Ci * Ce * Ct * 10^{-6}$
Al = 40 * Ll



Al = 40000

Nl = 0.76

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

$Ni = Ng * Ai * Ci * Ce * Ct * 10^{-6}$

$Ai = 4000 * Ll$

$Ai = 4000000$

$Ni = 76$

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

$Nlt = Ng * Al * Cit * Cet * Ctt * 10^{-6}$

$Alt = 40 * Llt$

$Alt = 40000$

$Nlt = 0.76$

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

$Nit = Ng * Ait * Cit * Cet * Ctt * 10^{-6}$

$Ait = 4000 * Llt$

$Ait = 4000000$

$Nit = 76$

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

Estrutura protegida por SPDA - Classe IV

$Pb = 0.2$

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

Linha enterrada não blindada

$Cld = 1$

$Cli = 1$

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

Linha enterrada 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).

$$Uw = 1$$

4.21) Ks4 Energia

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

$$Ks4 = 1$$

4.22) Uwt Sinal

$$Uwt = 1$$

4.23) Ks4t Sinal

$$Ks4t = 1$$

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 ($Uw=1$)

$$Pld = 1$$

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 ($U_w=1$)
 $Pl_{dt} = 1$

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

$P_v = P_{eb} * P_{ld} * C_{ld}$
 $P_v = 0.05$

4.28) P_{vt} - 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: Creche

5.1.1) Número de pessoas na Zona

$n_z = 200$

5.1.2) Número total de pessoas na Estrutura

$n_t = 200$

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

$t_z = 3168$

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
 $Ptu = 1$

5.1.11) Ks2

$Ks2 = 1$

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

DPS Classe III e IV
 $Pspd = 0.05$

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 m²)
 $Ks3 = 1$

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

DPS Classe III e IV
 $Pspdt = 0.05$

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 m²)

$K_{s3t} = 1$

5.1.16) P_c - Probabilidade de Descarga na Estrutura causar Danos em sistemas internos

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

$$P_c = 0.05$$

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

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

$$P_{ct} = 0.05$$

5.1.18) P_{ms}

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

$$P_{ms} = 1$$

5.1.19) P_{mst}

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

$$P_{mst} = 1$$

5.1.20) P_m - Probabilidade de Descarga perto da Estrutura causar Danos em sistemas internos

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

$$P_m = 0.05$$

5.1.21) P_{mt} - Probabilidade de Descarga perto da Estrutura causar Danos em sistemas internos SINAL

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

$$P_{mt} = 0.05$$

5.1.22) P_u - 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) P_{ut} - 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) P_w - 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) P_{wt} - 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) P_{li}

$$P_{li} \text{ para } U_w = 1 \text{ kV}$$

$$P_{li} = 1$$

5.1.27) P_{lit}

$$P_{lit} \text{ para } U_{wt} = 1 \text{ kV}$$

$$P_{lit} = 1$$

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

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

$$P_z = 0.05$$

5.1.29) P_{zt} - Probabilidade de Descarga perto da linha Causar falha de sistemas internos SINAL

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

$$P_{zt} = 0.05$$

5.1.30) Medidas de Proteção (descargas na estrutura) - P_{ta} (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)

Mármore, cerâmica (Resistência de contato entre 1 e 10 ohms)

$r_t = 0.001$

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)

Incêndio: Risco Baixo

$r_f = 0.001$

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) L_1 - Perda de vida humana incluindo ferimento permanente

5.1.36.1) L_t

$L_t = 0.01$

5.1.36.2) D_2 - Danos Físicos - L_f (Tabela C.2)

Hospital, hotel, escola, edifício cívico



$$L_f = 0.1$$

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

Não Aplicável

$$L_o = 0$$

5.1.36.4) La

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

$$L_a = 0.03616 * 10^{-4}$$

5.1.36.5) Lu

$$L_u = L_a = 0.03616 * 10^{-4}$$

5.1.36.6) Lb

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

$$L_b = 0.01808 * 10^{-3}$$

5.1.36.7) Lv

$$L_v = L_b = 0.01808 * 10^{-3}$$

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 [Creche]

5.1.37.1) Ra

$$R_a = N_d * P_a * L_a$$

$$R_a = 0.15051 * 0.2 * 0.03616 * 10^{-4}$$

$$R_a = 0.01089 * 10^{-5}$$



5.1.37.2) Rb

$$\begin{aligned}R_b &= N_d * P_b * L_b \\R_b &= 0.15051 * 0.2 * 0.01808 * 10^{-3} \\R_b &= 0.00544 * 10^{-4}\end{aligned}$$

5.1.37.3) Ru

$$\begin{aligned}R_u &= (N_l + N_{dj}) * P_u * L_u \\R_u &= (0.76 + 0) * 0.05 * 0.03616 * 10^{-4} \\R_u &= 0.01374 * 10^{-5}\end{aligned}$$

5.1.37.4) Rut

$$\begin{aligned}R_{ut} &= (N_{lt} + N_{dj1}) * P_{ut} * L_u \\R_{ut} &= (0.76 + 0) * 0.05 * 0.03616 * 10^{-4} \\R_{ut} &= 0.01374 * 10^{-5}\end{aligned}$$

5.1.37.5) Rv

$$\begin{aligned}R_v &= (N_l + N_{dj}) * P_v * L_v \\R_v &= (0.76 + 0) * 0.05 * 0.01808 * 10^{-3} \\R_v &= 0.00687 * 10^{-4}\end{aligned}$$

5.1.37.6) Rvt

$$\begin{aligned}R_{vt} &= (N_{lt} + N_{dj1}) * P_{vt} * L_v \\R_{vt} &= (0.76 + 0) * 0.05 * 0.01808 * 10^{-3} \\R_{vt} &= 0.00687 * 10^{-4}\end{aligned}$$

5.1.37.7) R1z

$$\begin{aligned}R_{1z} &= R_a + R_b + R_u + R_v + R_{ut} + R_{vt} \\R_{1z} &= 0.01089 * 10^{-5} + 0.00544 * 10^{-4} + 0.01374 * 10^{-5} + 0.00687 * 10^{-4} \\&+ 0.01374 * 10^{-5} + 0.00687 * 10^{-4} \\R_{1z} &= 0.2302 \times 10^{-5}\end{aligned}$$

6) Risco Total

6.1) R1

$$R_a + R_b = 0.0653 \times 10^{-5}$$



$$R1 = 0.2302 \times 10^{-5}$$

$$Rt1 = 1 \times 10^{-5}$$

$$R1 \leq Rt1$$

$$(Ra + Rb) \leq Rt1$$

[OK]

6.2) Estrutura Protegida.

$$R1 \leq Rt1$$

7) Nível de Proteção adotada: IV

8) Método Utilizado

8.1) Malha ou da Gaiola de Faraday

Módulos da malha [Nível de Proteção IV]

Afastamento máximo da Malha = 20x20 m