



Obra .....: **SISTEMA EXTERNO DE PROTEÇÃO CONTRA DESCARGAS ATMOSFÉRICAS  
DA ESCOLA MUNICIPAL DE ENSINO FUND. PROF. ALFREDO SCHNEIDER**  
Proprietário .....: MUNICÍPIO DE TEUTÔNIA  
Local .....: Rua Hércio Pegas, nº 1.356 – Bairro Teutônia – Teutônia – RS.  
Resp. Técnico .....: Eng. Eletricista Rainer Büneker – CREA nº 76.669D.

## **MEMORIAL TÉCNICO DESCRITIVO**

### **1. INFORMAÇÕES GERAIS**

#### **1.1 Objetivo**

Este memorial tem por objetivo descrever as principais características do Sistema externo de Proteção contra Descargas Atmosféricas (SPDA) a ser instalado nas edificações da Escola Municipal de Ensino Fundamental Professor Alfredo Schneider, situada à Rua Hércio Pegas, nº 1.356, no bairro Teutônia, município de Teutônia, RS. A obra deverá ser entregue completa com todos os subsistemas e peças montadas, testadas e de acordo com as normas citadas abaixo, independentemente se o material constar ou não na relação.

#### **1.2 Características Gerais**

A Instituição de Educação é constituída por cinco edificações, das quais o Prédio 2 apresenta SPDA, sendo as características das demais edificações as seguintes:

- ❖ Prédio 1: com dimensões aproximadas de 17,80 x 19,80 x 8,20 m (largura x comprimento x altura), é constituído por paredes de alvenaria, estrutura do telhado em madeira e cobertura com telhas cerâmicas. Apresenta os ambientes de Salas de Aula, Depósito e Sanitários;
- ❖ Prédio 3: apresenta duas seções compreendendo as dimensões totais de 19,50 x 23,60 x 7,20 m (larg. x compr. x alt.). É constituído por paredes de alvenaria, estrutura do telhado em madeira e cobertura com telhas cerâmicas. Os ambientes são do tipo Salas de Aula;
- ❖ Ginásio: com dimensões aproximadas de 25 x 48,25 x 8,70 m (larg. x compr. x alt.), é caracterizado por estrutura (vigas, pilares e tesouras) de concreto pré-moldado, cobertura com terças metálicas e telhas de alu-zinco, e as paredes de vedação são constituídas por tijolos maciços. Os ambientes que compõem o Ginásio são: Quadra de Esportes, Cozinha, Copa, Despensa e Sanitários;
- ❖ Subestação: com dimensões aproximadas de 1,90 x 3,25 x 2,70 m (larg. x compr. x alt.), é caracterizada por paredes de alvenaria (tijolos maciços) e cobertura com laje de concreto impermeabilizada.

Conforme Planta de Situação e Localização, junto e entre os Prédios 1, 2 e 3 está edificada uma Circulação Externa Coberta, a qual é caracterizada por pilares, tesouras e terças metálicas e a cobertura é com telhas de alu-zinco.

### **2. PROJETO**

O projeto foi realizado com base na Norma de "Proteção contra Descargas Atmosféricas", NBR 5419, de maio de 2015, da ABNT, partes 1 a 4.

O projeto é constituído pelos seguintes documentos e desenhos:

- Memorial Técnico Descritivo;
- Anexo I (Análise de Risco);
- Anexo II (Solução);
- Planta da Cobertura, Detalhes e Planta de Situação e Localização;
- Capacitação Técnica para Execução de SPDA;
- Anotação de Responsabilidade Técnica (ART).



### 2.1 Premissas do Projeto

A necessidade do SPDA foi determinada de acordo com os *Anexo I e II – Análise de Risco*, sendo que o **Ginásio** terá um SPDA com **nível de proteção II**, conforme o *Anexo IV – Solução*. As demais edificações da escola não necessitam de SPDA vide *Anexo III – Solução*.

O projeto contempla as seguintes partes ou subsistemas:

- *Subsistema Captor* que se destina a interceptar as descargas atmosféricas para a estrutura;
- *Subsistema de Descida* que se destina a conduzir a corrente elétrica da descarga atmosférica seguramente para a terra (do subsistema captor para o subsistema de aterramento);
- *Subsistema de Aterramento* que se destina a assegurar a dispersão no solo da corrente elétrica das descargas atmosféricas, sem causar sobretensões perigosas.

### 2.2 Subsistema Captor

As folhas de alu-zinco, com aproximadamente 0.7 mm de espessura e as terças metálicas da cobertura serão utilizados como captos naturais, conforme o item 5.2.5 da NBR 5419-3:2015. Embora haja probabilidade de perfuração, o proprietário autorizou o uso das folhas como captor.

### 2.3 Subsistema de Descidas

O **Ginásio** possuirá **quatorze descidas**, as quais deverão estar uniformemente distribuídas pelo perímetro das edificações, respeitando a distância de segurança (S) de 0,30m de partes metálicas estruturais, instalações metálicas e sistemas internos, conforme item 6.3 da NBR 5419-3:2015. Segundo o parágrafo 4 do item 5.3.4, da mesma parte da norma, *“os condutores de descida devem ser posicionados de forma que a distância de segurança [...] seja observada entre eles e quaisquer portas e janelas”*.

No Ginásio a interligação entre as terças metálicas será com auxílio de barras chatas de ferro (3/4" x 1/8"), soldadas no sentido transversal, conforme a tabela 6 da NBR 5419-3:2015. A interligação da barra chata com o cabo de alumínio da descida será realizada com auxílio de conector apropriado (terminal de compressão), parafuso, porca e arruelas (lisa, de pressão e dentada).

Os cabos das descidas serão fixados com auxílio de presilhas de alumínio, buchas de nylon e parafusos auto-atarraxante de inox junto às paredes laterais das edificações. Próximo ao solo em cada descida será instalado uma caixa de inspeção e medição (a 0,6m de altura do piso) e um eletroduto preto de PVC rígido de Ø1", para proteção mecânica do cabo. O ponto de medição servirá para seccionar o cabo da descida e para fazer manutenção no sistema captor, já que está prevista uma inspeção anual no sistema conforme a norma NBR 5419 (reapertos e/ou substituições de equipamentos).

### 2.4 Subsistema de Aterramento

Para cada descida será cravada uma haste terra do tipo Cooperweld com bitola de Ø 5/8" e 2,40 m de comprimento, espessura de 254 µm de cobre, que será interligada com o *subsistema de descida* na Caixa de Inspeção (condutele do tipo "C") através de um cabo de cobre nu 35 mm<sup>2</sup> (ver detalhe na prancha).

Circundando as edificações, formando um anel de aterramento, será enterrado no solo (a no mínimo 50 cm de profundidade) um cabo de cobre nu, tempera meio-dura de 50 mm<sup>2</sup>. O mesmo deverá estar afastado no mínimo 1m (um metro) das estruturas e de blocos de fundação. A haste terra cravada junto a cada descida será conectada ao anel através de solda exotérmica.

### 2.5 Interligações Diversas

Deverão ser instaladas 4 (quatro) Caixas de Equipotencialização conforme Sistema de Aterramento e Equipotencialização da prancha "PR03". As mesmas servirão para interligar as malhas das edificações bem como para realizar a equipotencialização das instalações elétricas e estruturas metálicas.

O aterramento da instalação elétrica e todas as estruturas metálicas que houver na edificação (hidrante, tubulações de ferro, portões, grades, corrimões, antenas de TV e/ou internet, etc.) deverão ser



equipotencializados conforme item 6.2 da NBR 5419-3:2015. Ao nível do solo a ligação equipotencial deverá ser realizada com cabo de Cobre nu 25 mm<sup>2</sup>, e ao nível da cobertura com cabo de Alumínio nu 25 mm<sup>2</sup>.

A interligação com as tubulações metálicas (eletrodutos, tubos, mastros de antenas, etc.) deverão ser realizados conforme indicado no detalhe 7 (sete) da prancha "PR03". Além de terem o mastro aterrado as antenas de TV e/ou Internet instaladas sobre a cobertura deverão ter as suas redes internas protegidas por Dispositivos de proteção Contra Surtos (DPS).

Após a conclusão da montagem do SPDA, deve ser efetuada uma rigorosa verificação das interligações, de forma a não deixar nenhuma massa metálica sem ser aterrada.

#### *2.6 Ligação equipotencial por DPS*

Conforme o *Anexo II – Solução* não é necessário a instalação de DPS para um SPDA adequado à edificação, no entanto a norma vigente indica a utilização destes.

De acordo com o parágrafo 4.1 do item 4, da NBR 5419-4:2015, "Para a proteção contra os efeitos de surtos conduzidos ou induzidos, sendo transmitidos para os equipamentos por meio de conexões por cabos, devem ser usadas MPS [medidas de proteção contra surtos] consistindo em um sistema coordenado de DPS". Ainda, segundo item 5 da mesma parte da referida norma: "Ligações equipotenciais por meio de DPS são sempre necessárias nas entradas das ZPR [zonas de proteção contra raios] para equipotencializar as linhas [...] "

Portanto indica-se a instalação de SPDA interno, de maneira a evitar centelhamento perigoso e assegurar o contínuo funcionamento dos equipamentos eletroeletrônicos sensíveis, com proteção das redes de energia e sinal contra descargas diretas ou induzidas através da utilização de DPS's (Dispositivos de Proteção contra Surtos).

### **3. CONSIDERAÇÕES GERAIS**

Itens a inspecionar antes da entrega do serviço (empregado):

- a) O SPDA está conforme o projeto;
- b) Todos os componentes do SPDA devem estar em bom estado, íntegros, livres de corrosão, devendo ser capazes de cumprir suas funções, além de atenderem a sua respectiva norma;
- c) Todas as construções acrescentadas à estrutura posteriormente à instalação original ou reformas que altere as condições iniciais previstas em projeto, além de novas tubulações metálicas, novas linhas de energia e sinal que adentrem na estrutura estejam incorporados ao SPDA;
- d) Haja continuidade elétrica nos subsistemas de captação, descida e aterramento;
- e) Haja continuidade nos condutores de equipotencialização.

Conforme item 7.3 da NBR 5419-3:2015 recomenda-se que semestralmente seja efetuada uma inspeção visual no SPDA verificando os eventuais pontos deteriorados no sistema.

Para estruturas contendo munições ou explosivos, locais expostos à corrosão atmosférica severa ou estruturas de serviços essenciais as inspeções completas, conforme os itens "a" até "e", devem ser realizadas em intervalos de um ano. Para as demais estruturas o intervalo para as inspeções é de três anos. Quando for constatado que o SPDA foi atingido por uma descarga atmosférica, proceder às inspeções conforme os itens "b" e "d" acima.

As inspeções devem ser realizadas por profissional habilitado com emissão de documentação pertinente, conforme os intervalos mencionados anteriormente.

### **4. GENERALIDADES**

Todos os materiais utilizados e serviços executados deverão estar de acordo com a norma e com o projeto, não podendo ser alteradas marcas e referências sem prévio consentimento por escrito da fiscalização do proprietário.

Antes de qualquer modificação que venha a ocorrer, na edificação onde o SPDA encontra-se instalado, a *AFG Engenharia e Arquitetura Ltda.* deverá ser informada a fim de certificar-se que a integridade dos elementos será mantida e que todo adendo esteja dentro da zona de proteção.

#### 5. OBSERVAÇÕES

A instalação de um SPDA não impede a ocorrência de descargas atmosféricas e não pode assegurar a proteção absoluta de uma estrutura, de pessoas e bens. Entretanto, conforme NBR 5419:1-2015, "As medidas de proteções consideradas na ABNT NBR 5419 são comprovadamente eficazes na redução dos riscos associados às descargas atmosféricas".

Teutônia, 11 de abril de 2017.

Eng. Eletricista Rainer Büneker  
CREA nº 76.669D



## **ANEXO I – ANÁLISE DE RISCO**

### **PRÉDIOS 1, 2 e 3**

TABELA 1 - características da estrutura e meio ambiente				
Parâmetro de entrada	Comentário	Símbolo	Valor	Referência
Densidade de descargas atmosféricas para a terra (1/km²/ano)	Figura F.6 - região sul (dados INPE - Elet)	$N_G$	8,00	NBR 5419 - 2:2015
Dimensões da estrutura (m) na ZONA 1	Largura	L	17,80	FNDE
	Comprimento	W	19,80	
	Altura	H	8,20	
Dimensões da estrutura (m) na ZONA 2	Largura	L	17,80	
	Comprimento	W	27,80	
	Altura	H	11,40	
Dimensões da estrutura (m) na ZONA 3	Largura	L	19,50	
	Comprimento	W	23,60	
	Altura	H	7,20	
Fator de localização da estrutura	objetos da mesma altura ou mais baixos	$C_D$	0,50	Tabela A.1
SPDA	Nenhuma	$P_B$	1	Tabela B.2
Ligação equipotencial	Sem DPS	$P_{EB}$	1	Tabela B.7
Blindagem espacial externa	Nenhuma	$K_{S1}$	1	Equação B.5

TABELA 2 - linha de energia				
Parâmetros	Comentário	Símbolo	Valor	Referência
Comprimento (m)	Ver nota A	$L_L$	100,00	
Fator de instalação	Enterrado	$C_i$	0,5	Tabela A.2
Fator tipo da linha	energia ou sinal	$C_T$	1	Tabela A.3
Fator ambiental	Urbano	$C_E$	0,1	Tabela A.4
Tensão suportável do sistema interno (kV)	Ver Tabela B.8	$U_W$	2,5	NBR 5419 - 2:2015
Blindagem da Linha ( $\Omega/km$ )	Não blindado	$R_S$		TABELA B.8
Blindagem, aterramento, isolamento	Nenhuma	$C_{LD}$	1	Tabela B.4
		$C_{LI}$	1	
Parâmetros resultantes	$K_{S4} = 1 / U_W$	$K_{S4}$	0,40	Equação (B.7)
	Conforme $R_S$ e $U_W$	$P_{LD}$	1	Tabela B.8
	$U_W$ p/ linha de energia	$P_{LI}$	0,3	Tabela B.9

Nota A: Como o comprimento  $L_L$  da seção da linha é desconhecido,  $L_L = 1.000$  m é assumido (ver A.4 e A.5 da NBR 5419-2:2015)

TABELA 3 - linha de sinal				
Parâmetros	Comentário	Símbolo	Valor	Referência
Comprimento (m)	Ver nota A	$L_L$	100,00	
Fator de instalação	Enterrado	$C_i$	0,5	Tabela A.2
Fator tipo da linha	energia ou sinal	$C_T$	1	Tabela A.3
Fator ambiental	Urbano	$C_E$	0,1	Tabela A.4
Tensão suportável do sistema interno (kV)	Ver Tabela B.8	$U_W$	1,5	NBR 5419 - 2:2015
Blindagem da Linha ( $\Omega/km$ )	Não blindado	$R_S$		TABELA B.8
Blindagem, aterramento, isolamento	Nenhuma	$C_{LD}$	1	Tabela B.4
		$C_{LI}$	1	
Parâmetros resultantes	$K_{S4} = 1 / U_W$	$K_{S4}$	0,67	Equação (B.7)
	Conforme $R_S$ e $U_W$	$P_{LD}$	1	Tabela B.8
	$U_W$ p/ linha de sinal	$P_{LI}$	0,5	Tabela B.9

Nota A: Como o comprimento  $L_L$  da seção da linha é desconhecido,  $L_L = 1.000$  m é assumido (ver A.4 e A.5 da NBR 5419-2:2015)

TABELA 7 - Risco $R_1$ para estrutura não protegida (valores $\times 10^{-3}$ )				
Parâmetros	Símbolo	$Z_1$	$Z_2$	Estrutura
D1: ferimento	$R_A = N_b \times P_A \times L_A$	0	$\approx 0$	$\approx 0$
	$R_{U1} = R_{U1P} + R_{U1T}$	-	0,00272	0,00272
D2: danos físicos	$R_B = N_b \times P_B \times L_B$	-	1,03115	1,03115
	$R_{U2} = R_{U2P} + R_{U2T}$	-	0,05436	0,05436
TOTAL =		0	1,09	R1 = 1,09
Caso $R1 > RT$ então a proteção contra descargas atmosféricas é necessária				RT = 1
É NECESSÁRIO PROTEÇÃO CONTRA DESCARGAS ATMOSFÉRICAS				

NOTAS:

1) Conforme página 63 da NBR 5419-2:2015:

"Para zona  $Z_1$ , é assumida que nenhuma pessoa está fora [...] " e [...] o risco de choque em pessoas  $R_A = 0$ ."

TABELA 4.1 - Fator válido para a zona ZONA 1 (dentro da edificação)				
Parâmetros	Comentário	Símbolo	Valor	Referência
Tipo de piso	Cerâmica	$r_t$	0,001	Tabela C.3
Proteção contra choque (descarga atmosférica na estrutura)	Nenhuma	$P_{TA}$	1	Tabela B.1
Proteção contra choque (descarga atmosférica na linha)	Nenhuma	$P_{TL}$	1	Tabela B.6
Risco de incêndio	Baixo	$r_i$	0,001	Tabela C.5
Proteção contra incêndio	Nenhuma providência	$r_p$	1	Tabela C.4
Blindagem espacial interna	Nenhuma	$K_{S2}$	1	Equação (B.6)
Energia: Fiação interna	Não blindado (laço num mesmo eletroduto)	$K_{S3}$	0,2	Tabela B.5
Energia: DPS coordenados	Nenhum	$P_{SPD}$	1	Tabela B.3
Telecom: Fiação interna	Não blindado (grandes laços, maior de 10m²)	$K_{S3}$	1	Tabela B.5
Telecom: DPS coordenados	Nenhum	$P_{SPD}$	1	Tabela B.3
L1: Perda de vida humana	Baixo nível de pânico	$h_z$	2	Tabela C.6
	D1: ferimentos	$L_f$	0,01	
	Tipo de estrutura	$L_e$	Escola	
	D2: danos físicos	$L_f$	0,1	
	Estrutura	$L_o$		
	D3: devido a falhas de sistemas internos	$L_o$		
Fator para pessoas na zona	nº pessoas na zona	$N_z$	147	-
	nº total de pessoas	$N_t$	147	
	hora de trabalho / dia	-	8:00	
	dias úteis no ano	-	310	
	tempo na zona (horas)	$t_z$	2480:00	
	total horas no ano	-	8760:00	
Parâmetros resultantes	$n_z/n_t \times t_z / 8760$	-	0,28	Equação (C.1)
	Tabela C.1	$L_A$	0,00000	
		$L_U$	0,00000	
		$L_B$	0,00006	
Parâmetros resultantes	Tabela C.1	$L_V$	0,00006	Equação (C.3)

TABELA 4.2 - Fator válido para a zona ZONA 2 (dentro da edificação)				
Parâmetros	Comentário	Símbolo	Valor	Referência
Fator para pessoas na zona	nº pessoas na zona	$N_z$	130	-
	nº total de pessoas	$N_t$	130	
	hora de trabalho / dia	-	8:00	
	dias úteis no ano	-	310	
	tempo na zona (horas)	$t_z$	2480:00	
	total horas no ano	-	8760:00	
Parâmetros resultantes	$n_z/n_t \times t_z / 8760$	-	0,28	Equação (C.1)
	Tabela C.1	$L_A$	0,00000	
		$L_U$	0,00000	
		$L_B$	0,00006	
Parâmetros resultantes	Tabela C.1	$L_V$	0,00006	Equação (C.3)

TABELA 4.3 - Fator válido para a zona ZONA 3 (dentro da edificação)				
Parâmetros	Comentário	Símbolo	Valor	Referência
Fator para pessoas na zona	nº pessoas na zona	$N_z$	224	-
	nº total de pessoas	$N_t$	224	
	hora de trabalho / dia	-	8:00	
	dias úteis no ano	-	310	
	tempo na zona (horas)	$t_z$	2480:00	
	total horas no ano	-	8760:00	
Parâmetros resultantes	$n_z/n_t \times t_z / 8760$	-	0,28	Equação (C.1)
	Tabela C.1	$L_A$	0,00000	
		$L_U$	0,00000	
		$L_B$	0,00006	
Parâmetros resultantes	Tabela C.1	$L_V$	0,00006	Equação (C.3)





## **ANEXO II – ANÁLISE DE RISCO GINÁSIO**

TABELA 1 - características da estrutura e meio ambiente				
Parâmetro de entrada	Comentário	Símbolo	Valor	Referência
Densidade de descargas atmosféricas para a terra (1/km²/ano)	Figura F.6 - região sul (dados INPE - Elat)	$N_G$	8,00	NBR 5419 - 2:2015
Dimensões da estrutura (m)	Largura	$L$	25,00	FNDE
	Comprimento	$W$	48,25	
	Altura	$H$	8,70	
Fator de localização da estrutura	objetos da mesma altura ou mais baixos	$C_D$	0,50	Tabela A.1
SPDA	Nenhum	$P_B$	1	Tabela B.2
Ligação equipotencial	Sem DPS	$P_{EB}$	1	Tabela B.7
Blindagem espacial externa	Nenhuma	$K_{s1}$	1	Equação B.5

TABELA 2 - linha de energia				
Parâmetros	Comentário	Símbolo	Valor	Referência
Comprimento (m)	Ver nota A	$L_L$	30,00	
Fator de Instalação	Enterrado	$C_i$	0,5	Tabela A.2
Fator tipo da linha	energia ou sinal	$C_T$	1	Tabela A.3
Fator ambiental	Urbano	$C_E$	0,1	Tabela A.4
Tensão suportável do sistema interno (kV)	Ver Tabela B.8	$U_W$	2,5	NBR 5419 - 2:2015
Blindagem da Linha (Q/km)	Não blindado	$R_S$		TABELA B.8
Blindagem, aterramento, isolamento	Nenhuma	$C_{LD}$	1	Tabela B.4
		$C_{LI}$	1	
Parâmetros resultantes	$K_{s4} = 1 / U_W$	$K_{s4}$	0,40	Equação (B.7)
	Conforme $R_S$ e $U_W$	$P_{LD}$	1	Tabela B.8
	$U_W$ p/ linha de energia	$P_{LI}$	0,3	Tabela B.9

Nota A: Como o comprimento  $L_L$  da seção da linha é desconhecido,  $L_L = 1.000$  m é assumido (ver A.4 e A.5 da NBR 5419-2:2015)

TABELA 3 - linha de sinal				
Parâmetros	Comentário	Símbolo	Valor	Referência
Comprimento (m)	Ver nota A	$L_L$	30,00	
Fator de Instalação	Enterrado	$C_i$	0,5	Tabela A.2
Fator tipo da linha	energia ou sinal	$C_T$	1	Tabela A.3
Fator ambiental	Urbano	$C_E$	0,1	Tabela A.4
Tensão suportável do sistema interno (kV)	Ver Tabela B.8	$U_W$	1,5	NBR 5419 - 2:2015
Blindagem da Linha (Q/km)	Não blindado	$R_S$		TABELA B.8
Blindagem, aterramento, isolamento	Nenhuma	$C_{LD}$	1	Tabela B.4
		$C_{LI}$	1	
Parâmetros resultantes	$K_{s4} = 1 / U_W$	$K_{s4}$	0,67	Equação (B.7)
	Conforme $R_S$ e $U_W$	$P_{LD}$	1	Tabela B.8
	$U_W$ p/ linha de sinal	$P_{LI}$	0,5	Tabela B.9

Nota A: Como o comprimento  $L_L$  da seção da linha é desconhecido,  $L_L = 1.000$  m é assumido (ver A.4 e A.5 da NBR 5419-2:2015)

TABELA 7 - Risco $R_1$ para estrutura não protegida (valores $\times 10^{-3}$ )				
Parâmetros	Símbolo	$Z_1$	$Z_2$	Estrutura
D1: ferimento	$R_A = N_G \times P_A \times L_A$	0	$\approx 0$	$\approx 0$
	$R_{U1} = R_{U1P} + R_{U1T}$	-	0,00003	0,00003
D2: danos físicos	$R_B = N_G \times P_B \times L_B$	-	23,07760	23,07760
	$R_{U2} = R_{U2P} + R_{U2T}$	-	0,77259	0,77259
TOTAL =		0	23,85	R1 = 23,85
Caso $R1 > RT$ então a proteção contra descargas atmosférica é necessária				RT = 1
É NECESSÁRIO PROTEÇÃO CONTRA DESCARGAS ATMOSFÉRICAS				

### NOTAS:

1) Conforme página 63 da NBR 5419-2:2015:

"Para zona  $Z_1$ , é assumida que nenhuma pessoa está fora [...] " e [...] o risco de choque em pessoas  $R_A \approx 0$ ."

TABELA 4 - Fator válido para a zona $Z_1$ (dentro da edificação)				
Parâmetros	Comentário	Símbolo	Valor	Referência
Tipo de piso	Madeira	$r_t$	0,00001	
Proteção contra choque (descarga atmosférica na estrutura)	Nenhuma	$P_{TA}$	1	Tabela B.1
Proteção contra choque (descarga atmosférica na linha)	Nenhuma	$P_{LU}$	1	Tabela B.6
Risco de incêndio	Normal	$r_f$	0,01	Tabela C.5
Proteção contra incêndio	Nenhuma providência	$r_p$	1	Tabela C.4
Blindagem espacial interna	Nenhuma	$K_{s2}$	1	Equação (B.6)
Energia: Fiação interna	Não blindado (laço num mesmo eletroduto)	$K_{s3}$	0,2	Tabela B.5
Energia: DPS coordenados	Nenhum	$P_{SPD}$	1	Tabela B.3
Telecom: Fiação interna	Não blindado (grandes laços, maior de 10m²)	$K_{s3}$	1	Tabela B.5
Telecom: DPS coordenados	Nenhum	$P_{SPD}$	1	Tabela B.3
L1: Perda de vida humana	Nível médio de pânico	$h_2$	5	Tabela C.6
	D1: ferimentos	$L_f$	0,01	Tabela C.2
	Tipo de estrutura	$L_f$	Entretimento público	
	D2: devido a danos físicos	$L_f$	0,05	
	Estrutura	$L_O$		
Fator para pessoas na zona	D3: devido a falhas de sistemas internos	$L_O$		-
	nº pessoas na zona	$N_z$	2.024	
	nº total de pessoas	$N_t$	178	
	hora de trabalho / dia	-	8:00	
	dias úteis no ano	-	310	
	tempo na zona (horas)	$t_z$	2480:00	
Parâmetros resultantes	total horas no ano	-	8760:00	Equação (C.1)
	$n_z / t_z \times t_z / 8760$	-	3,22	
	Tabela C.1	$L_A$	0,00000	
		$L_U$	0,00000	
		$L_B$	0,00805	
		$L_V$	0,00805	



### **ANEXO III – SOLUÇÃO PRÉDIOS 1, 2 e 3**

A instalação de um sistema de Hidrantes, necessário para prevenção contra incêndio e incluso no PPCI da escola, constitui uma medida adequada e suficiente, sem a necessidade da instalação de um SPDA externo nas edificações.

Observa-se que o sistema de Hidrantes e Bombas de Incêndio deverá estar sempre em pleno funcionamento e de acordo com as normas vigentes e com o projeto do PPCI.

TABELA 1 - características da estrutura e meio ambiente				
Parâmetro de entrada	Comentário	Símbolo	Valor	Referência
Fator de localização da estrutura	objetos da mesma altura ou mais baixos	$C_0$	0,50	Tabela A.1
SPDA	Nenhum	$P_B$	1	Tabela B.2
Ligação equipotencial	Sem DPS	$P_{EB}$	1	Tabela B.7
Blindagem espacial externa	Nenhuma	$K_{S1}$	1	Equação B.5

TABELA 2 - linha de energia				
Parâmetros	Comentário	Símbolo	Valor	Referência
Comprimento (m)	Ver nota A	$L_L$	100,00	
Fator de Instalação	Enterrado	$C_i$	0,5	Tabela A.2
Fator tipo da linha	energia ou sinal	$C_l$	1	Tabela A.3
Fator ambiental	Urbano	$C_E$	0,1	Tabela A.4
Tensão suportável do sistema interno (kV)	Ver Tabela B.8	$U_W$	2,5	NBR 5419 - 2:2015
Blindagem da Linha ( $\Omega/km$ )	Não blindado	$R_S$		TABELA B.8
Blindagem, aterramento, isolamento	Nenhuma	$C_{LD}$	1	Tabela B.4
		$C_{LI}$	1	

Nota A: Como o comprimento  $L_L$  da seção da linha é desconhecido,  $L_L = 1.000$  m é assumido (ver A.4 e A.5 da NBR 5419-2:2015)

TABELA 3 - linha de sinal				
Parâmetros	Comentário	Símbolo	Valor	Referência
Comprimento (m)	Ver nota A	$L_L$	100,00	
Fator de Instalação	Enterrado	$C_i$	0,5	Tabela A.2
Fator tipo da linha	energia ou sinal	$C_l$	1	Tabela A.3
Fator ambiental	Urbano	$C_E$	0,1	Tabela A.4
Tensão suportável do sistema interno (kV)	Ver Tabela B.8	$U_W$	1,5	NBR 5419 - 2:2015
Blindagem da Linha ( $\Omega/km$ )	Não blindado	$R_S$		TABELA B.8
Blindagem, aterramento, isolamento	Nenhuma	$C_{LD}$	1	Tabela B.4
		$C_{LI}$	1	

Nota A: Como o comprimento  $L_L$  da seção da linha é desconhecido,  $L_L = 1.000$  m é assumido (ver A.4 e A.5 da NBR 5419-2:2015)

TABELA 7 - Componentes de risco $R_1$ para estrutura protegida (valores $\times 10^{-5}$ )			
Parâmetros	Símbolo	ANÁLISE	SOLUÇÃO
D1: ferimento	$R_A$	$\approx 0$	$\approx 0$
	$R_U = R_{U/P} + R_{U/T}$	0,00272	0,00272
D2: danos físicos	$R_B$	0,51558	0,51558
	$R_V$	0,02718	0,02718
<b>TOTAL =</b>	<b>R1</b>	<b>0,55</b>	<b>0,55</b>
<b>SOLUÇÃO ADEQUADA (<math>RT &gt; R1</math>)</b>			

TABELA 4.1 - Fator válido para a zona ZONA 1 (dentro da edificação)				
Parâmetros	Comentário	Símbolo	Valor	Referência
Tipo de piso	Cerâmica	$r_t$	0,001	Tabela C.3
Proteção contra choque (descarga atmosférica na estrutura)	Nenhuma	$P_{TA}$	1	Tabela B.1
Proteção contra choque (descarga atmosférica na linha)	Nenhuma	$P_{TU}$	1	Tabela B.6
Risco de incêndio	Baixo	$r_f$	0,001	Tabela C.5
Proteção contra incêndio	Hidrantes	$r_p$	0,5	Tabela C.4
Blindagem espacial interna	Nenhuma	$K_{S2}$	1	Equação (B.6)
Energia: Fiação interna	Não blindado (laço num mesmo eletroduto)	$K_{S3}$	0,2	Tabela B.5
Energia: DPS coordenados	Nenhum	$P_{SPD}$	1	Tabela B.3
Telecom: Fiação interna	Não blindado (grandes laços, maior de 10m <sup>2</sup> )	$K_{S3}$	1	Tabela B.5
Telecom: DPS coordenados	Nenhum	$P_{SPD}$	1	Tabela B.3

TABELA 4.2 - Fator válido para a zona ZONA 2 (dentro da edificação)				
Parâmetros	Comentário	Símbolo	Valor	Referência
Tipo de piso	Cerâmica	$r_t$	0,001	Tabela C.3
Proteção contra choque (descarga atmosférica na estrutura)	Nenhuma	$P_{TA}$	1	Tabela B.1
Proteção contra choque (descarga atmosférica na linha)	Nenhuma	$P_{TU}$	1	Tabela B.6
Risco de incêndio	Baixo	$r_f$	0,001	Tabela C.5
Proteção contra incêndio	Hidrantes	$r_p$	0,5	Tabela C.4
Blindagem espacial interna	Nenhuma	$K_{S2}$	1	Equação (B.6)
Energia: Fiação interna	Não blindado (laço num mesmo eletroduto)	$K_{S3}$	0,2	Tabela B.5
Energia: DPS coordenados	Nenhum	$P_{SPD}$	1	Tabela B.3
Telecom: Fiação interna	Não blindado (grandes laços, maior de 10m <sup>2</sup> )	$K_{S3}$	1	Tabela B.5
Telecom: DPS coordenados	Nenhum	$P_{SPD}$	1	Tabela B.3

TABELA 4.3 - Fator válido para a zona ZONA 3 (dentro da edificação)				
Parâmetros	Comentário	Símbolo	Valor	Referência
Tipo de piso	Cerâmica	$r_t$	0,001	Tabela C.3
Proteção contra choque (descarga atmosférica na estrutura)	Nenhuma	$P_{TA}$	1	Tabela B.1
Proteção contra choque (descarga atmosférica na linha)	Nenhuma	$P_{TU}$	1	Tabela B.6
Risco de incêndio	Baixo	$r_f$	0,001	Tabela C.5
Proteção contra incêndio	Hidrantes	$r_p$	0,5	Tabela C.4
Blindagem espacial interna	Nenhuma	$K_{S2}$	1	Equação (B.6)
Energia: Fiação interna	Não blindado (laço num mesmo eletroduto)	$K_{S3}$	0,2	Tabela B.5
Energia: DPS coordenados	Nenhum	$P_{SPD}$	1	Tabela B.3
Telecom: Fiação interna	Não blindado (grandes laços, maior de 10m <sup>2</sup> )	$K_{S3}$	1	Tabela B.5
Telecom: DPS coordenados	Nenhum	$P_{SPD}$	1	Tabela B.3



## **ANEXO IV – SOLUÇÃO GINÁSIO**

A seleção das medidas adequadas de proteção é realizada observando, de acordo com a *Tabela 7 do Anexo I*, as contribuições ao valor de risco. As mesmas são dadas por:

- Componente  $R_V$  (descargas atmosféricas na linha) de 3%;
- Componente  $R_B$  (descargas atmosféricas na estrutura) de 97%.

Para reduzir o valor de risco  $R_1$  a um valor tolerável, medidas de proteção que influenciam o componente  $R_B$  devem ser consideradas. Assim, novos valores de componentes de risco são obtidos adotando como medida de proteção:

- Instalação de um sistema de Hidrantes (necessário para prevenção contra incêndio), reduzindo o valor de  $r_p$  de 1 para 0,5;
- Instalação de um SPDA de classe II, de maneira a reduzir o valor de  $P_B$  de 1 para 0,05.

TABELA 1 - características da estrutura e meio ambiente				
Parâmetro de entrada	Comentário	Símbolo	Valor	Referência
SPDA	Classe II	$P_B$	0,05	Tabela B.2
Ligação equipotencial	Sem DPS	$P_{EB}$	1	Tabela B.7
Blindagem espacial externa	Nenhuma	$K_{S1}$	1	Equação B.5

TABELA 2 - linha de energia				
Parâmetros	Comentário	Símbolo	Valor	Referência
Comprimento (m)	Ver nota A	$L_L$	30,00	
Fator de Instalação	Enterrado	$C_i$	0,5	Tabela A.2
Fator tipo da linha	energia ou sinal	$C_T$	1	Tabela A.3
Fator ambiental	Urbano	$C_E$	0,1	Tabela A.4
Tensão suportável do sistema interno (kV)	Ver Tabela B.8	$U_W$	2,5	NBR 5419 - 2:2015
Blindagem da Linha (Q/km)	Não blindado	$R_S$		TABELA B.8
Blindagem, aterramento, isolamento	Nenhuma	$C_{LD}$	1	Tabela B.4
		$C_{LU}$	1	

Nota A: Como o comprimento  $L_L$  da seção da linha é desconhecido,  $L_L = 1.000$  m é assumido (ver A.4 e A.5 da NBR 5419-2:2015)

TABELA 4 - Fator válido para a zona $Z_2$ (dentro da edificação)				
Parâmetros	Comentário	Símbolo	Valor	Referência
Proteção contra choque (descarga atmosférica na estrutura)	Nenhuma	$P_{TA}$	1	Tabela B.1
Proteção contra choque (descarga atmosférica na linha)	Nenhuma	$P_{TU}$	1	Tabela B.6
Proteção contra incêndio	Hidrantes	$r_p$	0,5	Tabela C.4
Blindagem espacial interna	Nenhuma	$K_{S2}$	1	Equação (B.6)
Energia: Fiação interna	Não blindado (laço num mesmo eletroduto)	$K_{S3}$	0,2	Tabela B.5
Energia: DPS coordenados	Nenhum	$P_{SPD}$	1	Tabela B.3
Telecom: Fiação interna	Não blindado (grandes laços, maior de 10m <sup>2</sup> )	$K_{S3}$	1	Tabela B.5
Telecom: DPS coordenados	Nenhum	$P_{SPD}$	1	Tabela B.3

TABELA 3 - linha de sinal				
Parâmetros	Comentário	Símbolo	Valor	Referência
Comprimento (m)	Ver nota A	$L_L$	30,00	
Fator de Instalação	Enterrado	$C_i$	0,5	Tabela A.2
Fator tipo da linha	energia ou sinal	$C_T$	1	Tabela A.3
Fator ambiental	Urbano	$C_E$	0,1	Tabela A.4
Tensão suportável do sistema interno (kV)	Ver Tabela B.8	$U_W$	1,5	NBR 5419 - 2:2015
Blindagem da Linha (Q/km)	Não blindado	$R_S$		TABELA B.8
Blindagem, aterramento, isolamento	Nenhuma	$C_{LD}$	1	Tabela B.4
		$C_{LU}$	1	

Nota A: Como o comprimento  $L_L$  da seção da linha é desconhecido,  $L_L = 1.000$  m é assumido (ver A.4 e A.5 da NBR 5419-2:2015)

TABELA 7 - Componentes de risco $R_1$ para estrutura protegida (valores $\times 10^{-5}$ )			
Parâmetros	Símbolo	ANÁLISE	SOLUÇÃO
D1: ferimento	$R_A$	$\approx 0$	$\approx 0$
	$R_U = R_{U/P} + R_{U/T}$	0,00003	0,00003
D2: danos físicos	$R_B$	23,07760	0,57694
	$R_V$	0,77259	0,38630
<b>TOTAL =</b>	<b>R1</b>	<b>23,85</b>	<b>0,96</b>
<b>SOLUÇÃO ADEQUADA (RT &gt; R1)</b>			