

**UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ  
COORDENAÇÃO DO CURSO SUPERIOR EM  
TECNOLOGIA EM MANUTENÇÃO INDUSTRIAL**

**JEAN MICHAEL DE CASTRO**

**VERIFICAÇÃO DOS SUBSISTEMAS DE CAPTOR E DESCIDA DO  
SISTEMA DE PROTEÇÃO CONTRA DESCARGAS ATMOSFÉRICAS  
DOS BLOCOS DA UTFPR CÂMPUS MEDIANEIRA**

**TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO**

**MEDIANEIRA  
2014**

**JEAN MICHAEL DE CASTRO**

**VERIFICAÇÃO DOS SUBSISTEMAS DE CAPTOR E DESCIDA DO  
SISTEMA DE PROTEÇÃO CONTRA DESCARGAS ATMOSFÉRICAS  
DOS BLOCOS DA UTFPR CÂMPUS MEDIANEIRA**

Trabalho de Conclusão de Curso de graduação, apresentado como requisito parcial à obtenção do título de Tecnólogo em Manutenção Industrial do curso de Tecnologia em Manutenção Industrial da Universidade Tecnológica Federal do Paraná.

Orientador: Prof. Me Evandro André Konopatzki  
Coorientador: Prof. Me Filipe Marangoni

**MEDIANEIRA  
2014**



---

## TERMO DE APROVAÇÃO

### VERIFICAÇÃO DOS SUBSISTEMAS DE CAPTOR E DESCIDA DO SISTEMA DE PROTEÇÃO CONTRA DESCARGAS ATMOSFÉRICAS DOS BLOCOS DA UTFPR CÂPUS MEDIANEIRA

Por:  
**Jean Michael de Castro**

Este Trabalho de Conclusão de Curso (TCC) foi apresentado às 19:00 h do dia 3 de dezembro de 2014 como requisito parcial para a obtenção do título de Tecnólogo no Curso Superior de Tecnologia em Manutenção Industrial, da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, câmpus Medianeira. O acadêmico foi arguido pela Banca Examinadora composta pelos professores abaixo assinados. Após deliberação, a Banca Examinadora considerou o trabalho aprovado.

---

Prof. Me. Evandro André Konopatzki  
UTFPR – Câmpus Medianeira  
(Orientador)

---

Prof. Me. Filipe Marangoni  
UTFPR – Câmpus Medianeira  
(Coorientador)

---

Prof. Me. Amauri Massochin  
UTFPR – Câmpus Medianeira  
(Convidado)

---

Prof. Me. Paulo Roberto Dulnik  
UTFPR – Câmpus Medianeira  
(Convidado)

---

Prof. Me. Paulo Job Brenneisen  
UTFPR – Câmpus Medianeira  
(Responsável pelas atividades de TCC)

**A Folha de Aprovação assinada encontra-se na coordenação do Curso de Tecnologia em Manutenção Industrial.**

*“É melhor atirar-se à luta em busca de dias melhores, mesmo correndo o risco de perder tudo, do que permanecer estático, como os pobres de espírito, que não lutam, mas também não vencem, que não conhecem a dor da derrota, nem a glória de ressurgir dos escombros. Esses pobres de espírito, ao final de sua jornada na Terra não agradecem a Deus por terem vivido, mas desculpam-se perante ele, por terem apenas passado pela vida.”*

**BOB MARLEY**

## RESUMO

CASTRO, Jean Michael de. Verificação dos subsistemas de captor e descida do sistema de proteção contra descargas atmosféricas dos blocos da UTFPR câmpus Medianeira. 2014. 73 f. Trabalho de Conclusão de Curso – Tecnologia em Manutenção industrial, Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Medianeira, 2014.

As descargas atmosféricas são compostas pela passagem de corrente elétrica pelo ar. Devido à alta rigidez dielétrica do ar a formação dos raios acontece com elevados campos elétricos e intensidades de corrente elétrica causando, por este motivo, avarias diversas quando atingem estruturas podendo, ainda, causar óbito de pessoas. Desta forma diversos estudos têm sido feitos com relação à forma de proteção e sua efetividade nos edifícios, são chamados de Sistemas de Proteção Contra Descargas Atmosféricas (SPDA). Os prédios podem ter um SPDA instalado de forma obrigatória ou opcional, a definição pela instalação do SPDA se dá pela norma ABNT/NBR 5419/2005 e variam conforme a região, as condições climatológicas e a ocupação do mesmo, além de outras condições ambientais. Neste sentido foi realizado o estudo da necessidade e das condições do SPDA instalado nos blocos da UTFPR (Câmpus Medianeira). Por meio da construção e aplicação de um *checklist* elencando 40 itens da norma relacionados à captores e à descidas onde foram constatados, dentre os 20 blocos analisados, 45% itens conformes e 24,125% itens não conformes. O restante dos itens relacionados na norma (30,875%) não se aplicam aos blocos analisados. As conclusões deste estudo apontam para a importância do plano de gerenciamento da manutenção dos sistemas SPDA.

**Palavras-chave:** Para-raios. SPDA. Norma ABNT/NBR 5419/2005.

## ABSTRACT

CASTRO, Jean Michael de. Verification the captor subsystems and descent from system against lightning of UTFPR blocks of Medianeira campus. 2014. 73 f. Trabalho de Conclusão de Curso – Tecnologia em Manutenção industrial, Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Medianeira, 2014.

The lightning are made by passing electric current through the air. Due to the high dielectric strength of the air formation of rays takes place at high electric fields and electric current intensities causing, for this reason, malfunctions when they reach structures and may also cause people death. Thus several studies have been made regarding the form of protection and its effectiveness in buildings, are called Protection Systems Lightning (PSL). The buildings may have the SPDA installed on the mandatory or optional way, the definition by the installation of SPDA is by ABNT / NBR 5419/2005 and vary by region, the weather conditions and the occupation of the same, and other environmental conditions. In this sense the study was conducted of the need and conditions SPDA installed in blocks of UTFPR (Campus Medianeira). Through the construction and implementation of a checklist considering 40 items related to the standard sensors and descents which were found among the 20 blocks analyzed, 45% conforming items and 24.125% non-conforming items. The rest of the items listed in the standard (30.875%) do not apply to the analyzed blocks. The results of this study point to the importance of the management plan of maintenance of SPDA systems.

**Keywords:** Lightning rod. SPDA. Standard ABNT / NBR 5419/2005.

## LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1 – ÁRVORE QUEIMANDO APÓS SER ATINGIDA POR UMA DESCARGA ATMOSFÉRICA .....	18
FIGURA 2 – MAPA DE CURVAS ISOCERÂUNICAS .....	23
FIGURA 3 – DELIMITAÇÃO DA ÁREA DE EXPOSIÇÃO EQUIVALENTE ( $A_E$ ) – ESTRUTURA VISTA DE PLANTA .....	24
FIGURA 4 – DETERMINAÇÃO DA DISTÂNCIA DO RAIOS DA ESFERA DO MODELO ELETROGEOMÉTRICO .....	26
FIGURA 5 – PARA RAIOS TIPO FARADAY NO RU DA UTFPR CÂMPUS MEDIANEIRA .....	28
FIGURA 6 – CAPTOR TIPO FRANKLIN .....	30
FIGURA 7 – RESTAURANTE UNIVERSITÁRIO E SETOR A .....	37
FIGURA 8 – SETORES C, D, E, F, SUBESTAÇÃO 1 E CAIXA D'ÁGUA .....	38
FIGURA 9 – SETOR J .....	39
FIGURA 10 – SETOR I .....	40
FIGURA 11 – BLOCO H3 E SALA MANUTENÇÃO .....	40
FIGURA 12 – SETOR L E SUBESTAÇÃO 2 .....	41
FIGURA 13 – AMOSTRA DO QUADRO DE AVALIAÇÃO DO RISCO DE EXPOSIÇÃO .....	42
FIGURA 14 – AMOSTRA <i>CHECKLIST</i> .....	43
FIGURA 15 – SUBESTAÇÃO 2, CABO NÃO ESTICADO .....	49
FIGURA 16 – BLOCOS J2 E J3, (LINHA PONTILHADA INDICA OS CONDUTORES DA MALHA) .....	50
FIGURA 17 – BLOCO J3, CONDUTOR DE DESCIDA NA HORIZONTAL (A), BLOCO L1, CONDUTOR DE DESCIDA COM EMENDA (B) .....	51
FIGURA 18 – CAIXA D'ÁGUA, CONDUTOR DE DESCIDA SEM CONECTOR COM A MALHA DE ATERRAMENTO .....	52
FIGURA 19 – BLOCO L1, CONECTOR DE MEDIÇÃO ENTERRADO .....	52
FIGURA 20 – BLOCO L1, INSTALAÇÕES METÁLICAS INSTALADAS A MENOS DE DOIS METROS DO SPDA .....	53
FIGURA 21 – BLOCO L3, CAPTORES INSTALADOS SEM ESPAÇADORES (SPDA NÃO ISOLADO) .....	54
FIGURA 22 – BLOCO J2, CAPTORES INSTALADOS COM ESPAÇADORES .....	54
FIGURA 23 – BLOCO L3, CAPTORES DO TIPO FRANKLIN .....	55
FIGURA 24 – SUBESTAÇÃO, DESCIDAS APRESENTANDO CONFORMIDADE NO ESPAÇAMENTO .....	55
FIGURA 25 – BLOCO L1, SUBSISTEMA DE DESCIDA INSTALADO PRÓXIMO ÀS ABERTURAS .....	56
FIGURA 26 – CAIXA D'ÁGUA, CONDUTORES DE DESCIDAS FIXADOS A MAIS DE UM METRO DE DISTÂNCIA .....	57

FIGURA 27 – SUBESTAÇÃO 1, CONDUTOR DE DESCIDA EMBUTIDO NA ESTRUTURA DE CONCRETO .....	58
FIGURA 28 – BLOCO I3, ÁRVORE EM CONTATO COM A INSTALAÇÃO .....	58
FIGURA 29 – BLOCO I2, ESPAÇADOR DO SUBSISTEMA DE CAPTOR COM BASE QUEBRADA (A), E BLOCO I4, ESPAÇADOR DO SUBSISTEMA DE CAPTOR COM BASE QUEBRADA E OUTRO TORTO (B).....	59

## LISTA DE TABELAS

TABELA 1 – COMPRIMENTO DO RAIOS EM FUNÇÃO DO NÍVEL DE PROTEÇÃO	26
TABELA 2 – LARGURA DO MÓDULO DA MALHA DE PROTEÇÃO .....	27
TABELA 3 – ESPAÇAMENTO MÉDIO DOS CONDUTORES DE DESCIDA NÃO NATURAIS CONFORME O NÍVEL DE PROTEÇÃO .....	28

## LISTA DE QUADROS

QUADRO 1 – ÂNGULO DE PROTEÇÃO EM GRAUS (°) E ALTURA DA CONSTRUÇÃO EM METROS (M).....	29
QUADRO 2 – SEÇÕES MÍNIMAS DOS MATERIAIS DO SPDA .....	33
QUADRO 3 – DEFINIÇÃO DOS CRITÉRIOS DE OBRIGATORIEDADE .....	45
QUADRO 4 – INTERPRETAÇÃO PARA AS RESPOSTAS NO <i>CHEKLIST</i> .....	46
QUADRO 5 – CONSIDERAÇÕES SOBRE O CONDUTOR DE DESCIDA.....	46
QUADRO 6 – LEGENDA PARA A IDENTIFICAÇÃO DOS BLOCOS .....	46

## LISTA DE SIGLAS

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
BR	Brasil (Rodovia Federal)
CEFET	Centro Federal De Educação Tecnológica
NBR	Norma Brasileira de Regulamentação
SPDA	Sistemas de Proteção contra Descargas Atmosféricas
UNED	Unidade de Ensino Descentralizada
UTFPR	Universidade Tecnológica Federal do Paraná

## LISTA DE SÍMBOLOS

$\rho$	Rô
$^{\circ}\text{C}$	Graus Celsius

## LISTA DE ABREVIações

RU	Restaurante Universitário
kV	Quilo Volts
mm	Milímetros
m	Metros
cm	Centímetros
km	Quilômetros
s	Segundos

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO</b> .....	<b>14</b>
<b>2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA</b> .....	<b>15</b>
2.1 AS DESCARGAS ATMOSFÉRICAS .....	15
2.1.1 Formação dos Raios e Trovões .....	16
2.1.2 Impactos das Descargas Atmosféricas .....	17
2.1.3 Estudos Correlatos.....	19
2.2 SISTEMA DE PROTEÇÃO CONTRA DESCARGAS ATMOSFÉRICAS .....	20
2.2.1 Sistemas de Captores.....	20
2.2.2 Sistemas de Descidas.....	21
2.2.3 Sistemas de Aterramento.....	21
2.2.4 Métodos de Seleção do Nível de Proteção de um SPDA.....	21
2.2.5 Métodos de Dimensionamento da Proteção de um SPDA.....	25
2.2.5.1 Método Eletrogeométrico.....	25
2.2.5.2 Método de Faraday.....	27
2.2.5.3 Método de Franklin .....	29
2.3 CRITÉRIOS PARA CONSTRUÇÃO DO SPDA (ABNT-NBR 5419/2005).....	30
<b>3 METODOLOGIA</b> .....	<b>35</b>
3.1 A UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ - CAMPUS MEDIANEIRA .....	35
3.1.1 A Estrutura do Câmpus.....	36
3.2 O LEVANTAMENTO DE CAMPO.....	41
3.3 TRATAMENTO DOS DADOS.....	43
<b>4 RESULTADOS E DISCUSSÕES</b> .....	<b>44</b>
<b>5 CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES</b> .....	<b>61</b>
<b>REFERÊNCIAS</b> .....	<b>63</b>
<b>APÊNDICE A – PLANTA BAIXA COMPLETA DO CAMPUS MEDIANEIRA</b> .....	<b>66</b>
<b>APÊNDICE B – DEFINIÇÃO DOS CRITÉRIOS DE OBRIGATORIEDADE</b> .....	<b>67</b>
<b>APÊNDICE C – CHECKLIST</b> .....	<b>68</b>
<b>ANEXO A – EXEMPLOS DE CLASSIFICAÇÃO DE ESTRUTURA</b> .....	<b>71</b>
<b>ANEXO B – TIPO DE OCUPAÇÃO DA ESTRUTURAS (FATOR A)</b> .....	<b>72</b>
<b>ANEXO C – EXEMPLOS DE CONSTRUÇÃO DA ESTRUTURA (FATOR B)</b> .....	<b>72</b>
<b>ANEXO D – CONTEÚDO DA ESTRUTURA E EFEITOS INDIRETOS DAS DESCARGAS ATMOSFÉRICAS (FATOR C)</b> .....	<b>73</b>
<b>ANEXO E – LOCALIZAÇÃO DA ESTRUTURA (FATOR D)</b> .....	<b>73</b>
<b>ANEXO F – TOPOGRAFIA DA REGIÃO (FATOR E)</b> .....	<b>73</b>

## 1 INTRODUÇÃO

As descargas atmosféricas são responsáveis por diversos danos nas estruturas, podendo causar acidentes com danos às pessoas. Elas são conhecidas como a passagem de cargas elétricas pelo ar, neste caminho podem existir construções ou pessoas que, ao serem percorridas por uma corrente elétrica, podem se danificar.

Os Sistemas de Proteção Contra Descargas Atmosféricas (SPDA) são subdivididos em captores, descidas e aterramento, estrutura necessária para receber, transportar e escoar os elétrons à terra.

Os edifícios podem ter um SPDA instalado de forma obrigatória ou de forma opcional, conforme a região, condições climatológicas e a ocupação do mesmo, no contexto urbano em que está instalado.

Este estudo buscou verificar a obrigatoriedade de instalação dos SPDA nos blocos da UTFPR, Câmpus Medianeira, construir um *checklist* relacionado aos critérios da ABNT/NBR 5419/2005 e aplicá-lo na UTFPR-MD para validá-lo como instrumento de detecção de não conformidades e pontos a melhorar na estrutura captora e de descida dos SPDA.

Um levantamento dos SPDA da UTFPR-MD foi realizado e os resultados apontados no diagnóstico balizaram de um plano de ações corretivas.

## 2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

As descargas atmosféricas são conhecidas como a movimentação das cargas elétricas acumuladas nas nuvens, elas podem ocorrer de uma nuvem para outra ou de uma nuvem para o solo. São responsáveis por danos nas construções, edificações, redes de distribuição, transmissão e principalmente equipamentos elétricos e eletrônicos. Até mesmo os seres humanos, os animais e o meio ambiente correm riscos.

Esses danos podem causar a queima de eletrodomésticos, a quebra de árvores, incêndios, a perda de eficiência nas redes elétricas, e também podem causar à morte de animais ou seres humanos.

A maioria das descargas atmosféricas podem ser evitadas, ou minimizadas se os edifícios estiverem protegidos por um sistema, chamado de Sistema de Proteção Contra Descargas Atmosféricas (SPDA).

Neste capítulo serão abordadas algumas características das descargas atmosféricas, os conceitos e definições do SPDA, bem como suas formas de análise e inspeção que podem colaborar para a eficácia do sistema.

### 2.1 AS DESCARGAS ATMOSFÉRICAS

Quando cargas positivas e negativas concentram-se, (devido ao atrito, à convecção ou à irradiação), elas formam uma diferença de potencial entre dois pontos próximos (a terra e a nuvem, por exemplo). O meio isolante entre estes pontos é o ar, que possui uma rigidez dielétrica elevada, conforme Viana (----?) este valor é de  $\rho = 3 \text{ kV/mm}$ , mas depende das condições ambientais e pode variar conforme a umidade relativa do ar e a temperatura ambiente.

A diferença de potencial originada nesta movimentação das cargas pode aumentar até que o campo elétrico proveniente estimule a movimentação das cargas elétricas pelo ar, superando a rigidez dielétrica. O trajeto é, normalmente, torto e ramificado sendo constituído inicialmente pela descarga-piloto (MAMEDE, 2012) (NISKIER; MACINTYRE, 2013) (CREDER, 2012).

Segundo os autores Mamede Filho (2012), Niskier e Macintyre (2013) e Creder (2012), para ocorrer à chamada descarga-piloto, condições favoráveis de condutibilidade surgem, fazendo com que o ar se torne condutor.

Com o gradiente de tensão se mantendo elevado entre nuvem e terra, surge outro deslocamento de cargas, agora ascendentes, que direcionam descargas carregadas positivamente em direção a já originada descarga descendente, ou seja, descarga-piloto, originando assim a descarga principal de grandes proporções, dando origem ao fenômeno conhecido como trovão. Elas se originam a partir da formação das nuvens, que por sua vez são formadas por uma quantidade imensa de gotas d'água.

Com correntes e turbulências essas partículas se atritam, comportando-se como pequenas baterias, carregadas eletricamente com energia positiva ou negativa. Segundo os autores a descarga piloto é a formação de uma coluna de vácuo a partir da qual as cargas elétricas se movimentam.

Para Niskier e Macintyre (2013), Mamede (2012) e Creder (2012), a relação entre nuvem e terra se comporta como um capacitor, pois a nuvem, quando carregada com energia, acumula a proporção negativa na sua parte de baixo e a proporção positiva na sua parte de cima.

A terra, por sua vez, também está carregada e sofre a mesma alteração, só que causada pela passagem da nuvem, que ao passar repele o acúmulo de sinal negativo para baixo. Desta forma, acaba deixando a superfície da terra positivamente carregada com o mesmo valor da própria nuvem, criando uma carga elétrica muito grande.

### 2.1.1 Formação dos Raios e Trovões

Niskier (2013, p. 296) afirma que o raio é o efeito luminoso da descarga elétrica, decorrente das colisões de elétrons com átomos ou íons, e da liberação de energia no processo de recomposição dos átomos, que, por sua vez acontece quando a velocidade de íons positivos colidindo com elétrons permite que o elétron volte a orbitar em torno do núcleo, equilibrando as cargas e reestabelecendo o átomo.

A principal característica do raio são suas linhas com aspecto sinuoso que, para Niskier (2013), podem ter várias ramificações provocadas pelas massas gasosas existentes. Desta maneira, é possível afirmar que tais diferenças resultam na passagem não homogênea da corrente elétrica. Por natureza, a corrente seguirá o caminho com maior condutibilidade, conhecido como o caminho de menor resistência elétrica, não sendo necessariamente o menor caminho. Desta forma é comum uma descarga se formar de maneira irregular.

Pelegri (1999) acrescenta que a velocidade dessa luz oriunda das descargas atmosféricas é alta e depende do meio de propagação. No caso do raio atmosférico, sua propagação se dá no vácuo e, por este motivo, a velocidade se equivale a  $3,0 \times 10^8$  m/s ou 300.000 km/s.

Niskier (2013), diz que o trovão, também conhecido como o efeito sonoro da descarga atmosférica, é o deslocamento de ar que envolve o trajeto do raio, em função do aumento de temperatura e, conseqüentemente, do volume. Ou seja, o alto calor gerado pela descarga atmosférica, faz com que se forme uma espécie de cápsula de ar que a envolve por todo percurso e dilata, segundo Niskier (2013), quase instantaneamente, produzindo assim a onda sonora.

Da mesma forma que a luz, a onda sonora também depende do meio de propagação. Quanto mais próximas às partículas estiverem umas das outras, mais rápida é a propagação da onda, assim é possível afirmar que a velocidade das ondas sonoras é maior nos sólidos e menor nos gases. A onda sonora não só varia nos meios de propagação, mais também varia de acordo com a temperatura. Sua propagação no ar (a uma temperatura de 15°C) é de 340 m/s (PELEGRINI, 1999). Sendo bem menor do que a velocidade de propagação da luz, isto justifica o fato de se ver primeiro a luz (raio) e depois ouvir o som (trovão) quando ocorre uma descarga atmosférica.

### 2.1.2 Impactos das Descargas Atmosféricas

Silva *et al* (2008) comentam que o Brasil é um país de dimensão continental e, devido à sua localização geográfica, tem a incidência de muitas descargas atmosféricas, sendo o país com maior incidência de raios no mundo.

Aproximadamente 70 milhões por ano. As descargas atmosféricas causam danos materiais e podem provocar a morte de pessoas. O mesmo autor afirma que, no Brasil, em torno de 100 pessoas morrem por ano vítimas de acidentes com descargas atmosféricas.

A Figura 1 mostra os danos que podem ser causados pelas descargas atmosféricas. O registro foi feito no dia 17 de julho de 2014, na região oeste do Paraná, mais precisamente, na cidade de Céu Azul. O fato ocorreu na Avenida Nilo Bazzo, as margens da BR 277 e mostra o incêndio em uma árvore, causado pela incidência de uma descarga atmosférica.



**Figura 1 – Árvore queimando após ser atingida por uma Descarga Atmosférica**  
**Fonte: Meurer *apud* Sima (2014).**

Segundo Mamede (2012), alguns cuidados durante as tempestades com raios são importantes, e devem receber atenção:

- a) As pessoas que estão na praia devem-se retirar da água;
- b) Evitar permanecer no interior de pequenos barcos e jangadas;
- c) Recolher instrumentos de pesca;
- d) Os atletas que praticam algum tipo de esporte em quadras abertas, como campos e quadras, devem interromper as atividades;
- e) Evitar a permanência em picos de morros;
- f) Evitar áreas rurais e estacionamentos abertos;
- g) Operários que estão trabalhando em construções altas devem abandonar as mesmas;

- h) Não ficar em baixo de árvores isoladas, de preferência permanecer em um local com grande número de árvores.

Deve-se procurar um abrigo que proporcione maior segurança, para Mamede (2012) os melhores locais para a permanência de pessoas em dias de riscos são:

- a) Qualquer estrutura que possua proteção contra descargas atmosféricas;
- b) Grandes estruturas de concreto, mesmo não possuindo a devida proteção;
- c) Estações de metrô, túneis, passarelas subterrâneas;
- d) Vias públicas aonde há edificações elevadas.

### 2.1.3 Estudos Correlatos

Silva *et al* (2008) descrevem as descargas atmosféricas como belos fenômenos da natureza, entretanto responsáveis por causar graves danos às pessoas e instalações. Para evitar esses danos, é necessária a realização de estudos aprofundados para conhecer estes fenômenos. Nos dias de hoje vários estudos sobre recursos tecnológicos, técnicas e metodologias de observação e medição destes fenômenos estão sendo realizadas.

Naccarato (2005) descreve esse interesse em se estudar os relâmpagos ser devido ao poder de destruição causado pelos mesmos. Os danos causados pelos relâmpagos são consideráveis principalmente nos grandes centros, como o desligamento das linhas de transmissão e distribuição de energia elétrica e a queima de equipamentos eletrônicos, sem contar que os relâmpagos, segundo a Cruz Vermelha *apud* Naccarato (2005), são a segunda maior causa de morte por fenômenos meteorológicos.

Os autores Maeda e Leandro (2004), realizaram um estudo em 15 edificações na cidade de Curitiba, analisando por meio de um *checklist*, elaborado conforme a norma ABNT NBR-5419/2005, os SPDA's das mesmas, onde nenhuma dessas edificações estava de acordo com a norma. Eles concluíram que é de grande importância à manutenção periódica nos edifícios de forma a garantir a segurança do patrimônio e de seus moradores.

Beccati e Oliveira (2006) destacam que para que o SPDA funcione de acordo, deve ser projetado e executado conforme a Norma ABNT NBR-5419/2005, passando por manutenções anuais, devido a seus componentes ficarem expostos ao tempo fazendo com que os mesmos se danifiquem.

Esses componentes danificados devem ser substituídos, porém devido ao seu difícil manuseio, essa substituição faz gerar um custo elevado, fazendo com que essa manutenção não seja realizada por mais que seja obrigatória.

## 2.2 SISTEMA DE PROTEÇÃO CONTRA DESCARGAS ATMOSFÉRICAS

Os Sistemas de Proteção Contra Descargas Atmosféricas (SPDA) são os sistemas responsáveis pela proteção de construções em geral contra a incidência de descargas atmosféricas, escoando a energia das mesmas até o solo (CREDER, 2013) (MAMEDE, 2012) (CAVALIN; CERVELIN, 2011).

O SPDA é regulamentado segundo a Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), por meio das Normas Brasileiras (NBR) sendo que a pasta relacionada às descargas atmosféricas é a ABNT NBR-5419/2005. Mamede (2012) divide o conteúdo desta norma em três partes bem definidas, todavia, interligadas.

### 2.2.1 Sistemas de Captores

São os elementos condutores expostos, normalmente localizados na parte mais elevada da edificação, responsáveis pelo contato direto com as descargas atmosféricas. Os Sistemas de Captores são subdivididos de acordo com sua construção, em Sistemas de Captores Naturais e Sistemas de Captores Não Naturais.

Os Sistemas de Captores Naturais fazem parte das estruturas que se desejam proteger, tais como, coberturas metálicas. Já os Sistemas de Captores Não Naturais são instalados sobre a cobertura e as laterais das estruturas isolando os mesmos, estabelecendo contato direto com as descargas atmosféricas.

### 2.2.2 Sistemas de Descidas

Elementos condutores expostos ou não, que permitem a continuidade elétrica entre os captosres e o sistema de aterramento. As descidas do SPDA também são subdivididas e classificadas pela sua natureza de construção. Podendo ser tanto Naturais, aonde as partes integrantes da edificação são as responsáveis pelo escoamento das correntes resultantes das descargas atmosféricas até o sistema de aterramento, como postes e armaduras metálicas, quanto Não Naturais, compostas por sistemas construídos exclusivamente para fazer a condução da corrente elétrica até o solo.

### 2.2.3 Sistemas de Aterramento

Constituídos de elementos condutores enterrados ou embutidos nas fundações das edificações responsáveis pela dispersão das correntes elétricas no solo. São subdivididos e construídos de forma natural, ou não natural. O Sistema de Aterramento Natural é composto por elementos metálicos embutidos nas fundações das construções, exemplo disso são os sistemas de aterramento nas fundações de concreto armado das edificações. Por sua vez o Sistema de Aterramento Não Natural se constitui por condutores enterrados horizontal ou verticalmente dispersando as correntes elétricas no solo.

### 2.2.4 Métodos de Seleção do Nível de Proteção de um SPDA

Mesmo com a instalação do SPDA a construção pode ser atingida por descargas devido a uma possível falha do sistema de proteção. Com base nisso, a Norma ABNT NBR-5419/2005, apoiada por Creder (2013), Mamede (2012), Niskier e Macintyre (2013) e Cavalin e Cervelin (2011), determina quatro níveis de proteção, definindo as condições mais ou menos severas:

- a) Nível I: é o mais severo dos níveis, refere-se à perda de patrimônio e a construções protegidas, que quando atingidas, ou quando ocorre falha no sistema de proteção, podem provocar danos às estruturas adjacentes. Como exemplo, indústrias de materiais explosivos;
- b) Nível II: refere-se a construções que em caso de falha do SPDA, pode causar a perda de bens de valor elevado e pânico aos ocupantes do local, sem afetar as construções adjacentes, como em teatros, estádios, escolas;
- c) Nível III: referem-se a construções comuns, prédios comerciais e residenciais;
- d) Nível IV: construções em que a presença de pessoas não é comum, construídas de materiais não inflamáveis, e o produto nelas estocados não são combustíveis, como galpões de concreto para materiais de construções.

O Anexo A apresenta a classificação dos mais diversos tipos de estruturas, e seus respectivos níveis de proteção.

Ainda dentro da classificação das estruturas, a Norma ABNT NBR-5419/2005, classifica as construções em estruturas comuns, que são aquelas utilizadas para fins comerciais, industriais, agrícolas, administrativos ou residenciais, e em estruturas especiais, cujo tipo de ocupação implica riscos confinados, para as redondezas e meio ambiente, para os quais o SPDA requer critérios de proteção específicos.

Segundo Mamede (2012), as prescrições para a instalação de para-raios dependem do tipo e dos riscos a que cada estrutura está submetida.

Para estruturas consideradas comuns, a Norma ABNT NBR-5419/2005 estabelece que para chegar-se ao método de seleção do nível de proteção adequado, deve-se primeiramente levar em conta se a exigência ou não de instalação da referida proteção. Em alguns locais a instalação do Sistema de Proteção é indispensável, tais como:

- a) Locais com grande concentração de pessoas;
- b) Locais de prestação de serviços públicos essenciais;
- c) Áreas com elevadas incidências de descargas atmosféricas;
- d) Estruturas com valor histórico;
- e) Estruturas com altura superior a 25m.

Nos locais não especificados anteriormente, a definição da necessidade de proteção de um SPDA deve ser feita conforme a Avaliação do Risco de Exposição: (Norma ABNT NBR-5419/2005).

A probabilidade de uma estrutura ser atingida por uma descarga atmosférica em um ano é o produto da densidade de descargas atmosféricas para a terra, pela área de exposição equivalente da estrutura.

Na Equação (1) temos  $N_g$ , que é o número de raios que atingem a terra, dado por  $\text{km}^2/\text{ano}$ , sendo o  $T_d$ , o número de dias de trovoadas por ano.

$$N_g = 0,04 \cdot T_d^{1,25} \quad (1)$$

Na Figura 2 podemos observar o mapa do Brasil apresentando as curvas isocerânicas que servem para identificar a quantidade de dias em um período de um ano, em que ocorrem os raios, ou seja, os números ilustrados no mapa são a quantidade de dias em um ano que ocorrem descargas atmosféricas em determinada região. A partir desse dado obtemos o valor de  $T_d$ .



Figura 2 – Mapa de Curvas Isocerânicas  
Fonte: ABNT-NBR 5419/2005.

A área de exposição equivalente consiste na área (em m<sup>2</sup>), do plano da estrutura prolongada em todas as suas direções, considerando a sua altura. Os limites da área de exposição são afastados do perímetro da estrutura pela distância que corresponde à altura da mesma, no ponto em que foi considerado.

Para uma estrutura retangular simples temos o comprimento  $L$ , a largura  $W$  e a altura  $H$ . a área de exposição equivalente compreende um comprimento de  $L + 2H$  e uma largura de  $W + 2H$ , seus quatro cantos são formados por segmentos de círculos de raio  $H$  em metros, resultando na Equação (2).

$$A_e = LW + 2LW + 2HW + \pi \cdot H^2 \quad (2)$$

A Figura 3 mostra a delimitação da área da estrutura, vista de forma plana.

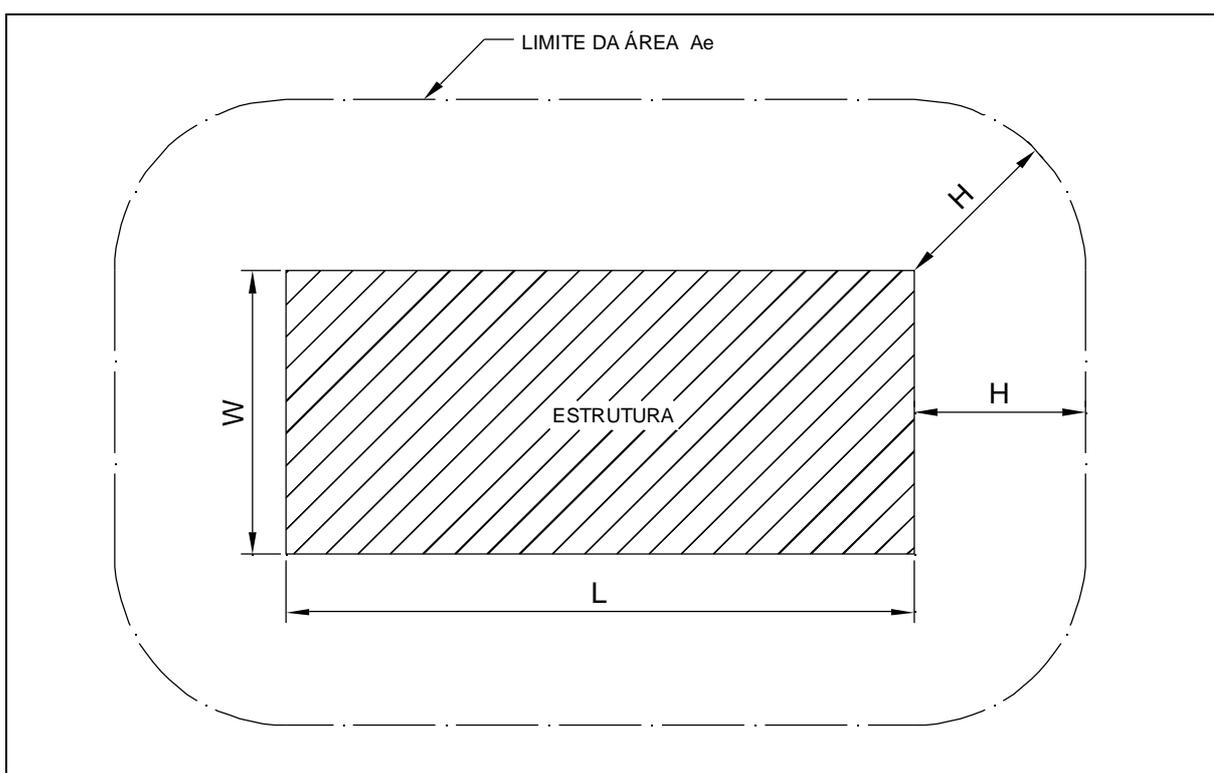


Figura 3 – Delimitação da área de exposição equivalente ( $A_e$ ) – Estrutura vista de planta  
Fonte: Adaptado de ABNT-NBR 5419/2005.

A frequência média anual ( $N_d$ ) previsível de descargas atmosféricas sobre uma estrutura é dada pela Equação (3).

$$N_d = N_g \cdot A_e \cdot 10^{-6} \quad (3)$$

A frequência média admissível de danos  $N_c$ , tem seu valor determinado pela gravidade dos riscos, quando a quantidade de descargas atmosféricas é maior que  $10^{-3}$  por ano, os riscos são inaceitáveis. Já quando os mesmos valores são menores que  $10^{-5}$ , os riscos são aceitáveis.

A avaliação Geral do Risco apresenta a obrigatoriedade de instalação de SDPA por meio da ponderação da frequência admissível de danos com base em cinco fatores: O Tipo de Ocupação da Estrutura; O Tipo de Construção da Estrutura; O Conteúdo da Estrutura e Efeitos Indiretos das Descargas Atmosféricas; A Localização da Estrutura; e A Topografia da Região.

Assim, define-se pela obrigatoriedade da instalação do SPDA quando  $N_d$  ponderado estiver com risco maior ou igual a 0,001 a estrutura requer um SPDA, se 0,001 menor que  $N_d$ , e  $N_d$  maior que 0,00001 a conveniência da instalação do SPDA fica a critério do projetista e do usuário, e no último caso, quando  $N_d$  for menor ou igual a 0,00001 a estrutura dispensa a instalação do SPDA.

## 2.2.5 Métodos de Dimensionamento da Proteção de um SPDA

Existem três métodos de proteção contra descargas atmosféricas, o método Eletrogeométrico, o método de Faraday e o método de Franklin. Os autores Creder (2013), Mamede (2012), Niskier e Macintyre (2013) e Cavalin e Cervelin (2011) deixam bem claro a aplicação desses métodos.

### 2.2.5.1 Método Eletrogeométrico

O Modelo Eletrogeométrico foi fundamentado em um trabalho de pesquisa resgatando o modelo de Preece em 1881. O mesmo previa que o volume de proteção de um elemento captor seria definido por um cone com vértice na extremidade do captor, demarcado pela rotação de um segmento de círculo tangente ao solo, tendo raio do mesmo como função do nível de proteção desejado para a instalação atendendo a Tabela 1 (CREDER, 2013) (MAMEDE, 2012).

**Tabela 1 – Comprimento do Raio em função do Nível de Proteção**

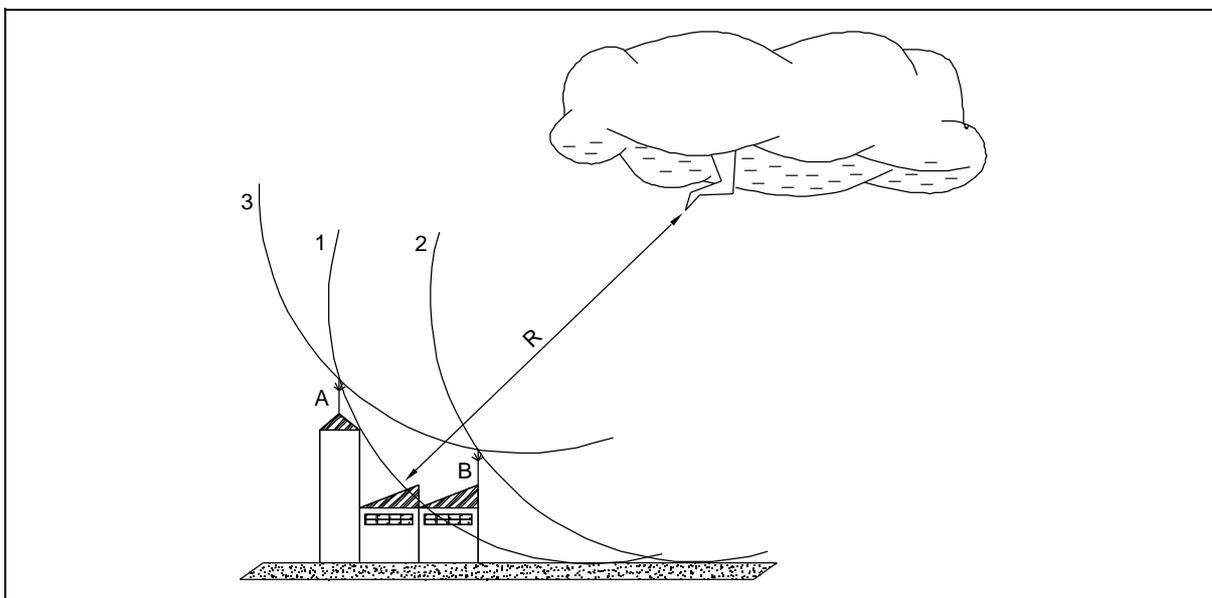
Nível de Proteção	Comprimento do Raio (m)
I	20
II	30
III	45
IV	60

Fonte: Norma ABNT NBR-5419/2005.

Nesse modelo utilizam-se (como captores) hastes, cabos ou mesmo os dois combinados em um sistema. Sua utilização é muito eficiente em estruturas com altura elevada com forma arquitetônica complexa (MAMEDE, 2012).

Mamede (2012, p. 510) cita ainda que o modelo eletrogeométrico consiste em uma esfera de raio “R” com o centro localizado na extremidade do líder antes do seu último salto. Os pontos da tal esfera constituem o lugar geométrico, e devem ser atingidos pela descarga atmosférica. Em resumo, ao rolar a esfera em questão sobre o solo e o sistema de proteção, tem-se uma região em que a mesma não encosta, definindo como zona protegida.

Como pode ser observado no exemplo ilustrado na Figura 4, são dois captores instalados em uma edificação, um mais elevado, denominado captor A, e outro mais a baixo chamado de captor B.



**Figura 4 – Determinação da distância do raio da esfera do modelo eletrogeométrico**

Fonte: Adaptado de Creder (2013).

A distância “R” determina o raio em que os captores irão proteger a construção, sendo que, um depende do outro. Caso não houvesse o captor B, o raio poderia atingir o telhado em algum ponto fora da área de proteção da linha 1.

Da mesma forma, se não houvesse o captor A, a construção correria o risco de ser atingida por uma descarga atmosférica fora do ângulo de proteção da linha 2.

Assim como as linhas 1 e 2 são formadas individualmente pelos captores A e B, respectivamente, a linha 3 é formada pelos dois captores A e B juntos, proporcionando uma maior proteção à construção.

#### 2.2.5.2 Método de Faraday

Este método foi apresentado por Michael Faraday no século XIX, e consiste basicamente em uma gaiola metálica responsável por envolver as edificações e construções, deixando-os protegidos, como se fosse uma espécie de blindagem contra as descargas atmosféricas (CAVALIN, 2011).

Este método utiliza uma malha de condutores nus, com a distância da largura do módulo da malha instalada de acordo com a determinação do nível de proteção, não podendo ser maior do que o dobro de sua largura, como mostrado na Tabela 2 (MAMEDE, 2012).

**Tabela 2 – Largura do Módulo da Malha de Proteção**

Nível de Proteção	Largura do Módulo da Malha (m)
I	5
II	10
III	15
IV	20

**Fonte: Adaptado de Norma ABNT NBR-5419/2005.**

É um método bastante indicado para construções com grandes áreas de cobertura, onde seriam necessários vários captores do tipo Franklin (apresentados na próxima seção), que tornaria o sistema de proteção com um custo de instalação mais elevado.

O fundamento da teoria de Faraday, diz que o campo eletromagnético no interior da gaiola metálica é nulo quando a gaiola é percorrida por uma corrente elétrica (MAMEDE, 2012).

Pode-se observar na Figura 5, uma construção onde esse modelo de sistema de proteção é aplicado. A imagem mostra o sistema instalado na cobertura do Restaurante Universitário (RU) da UTFPR câmpus Medianeira.



**Figura 5 – Para Raios Tipo Faraday no RU da UTFPR câmpus Medianeira**  
**Fonte: Autor.**

Mamede (2012) comenta que devem ser observadas as seguintes questões no projeto:

- a) Quanto menor a abertura da malha, maior a proteção;
- b) Para evitar faíscas, princípios de curto, devem-se instalar captosres auxiliares com 50 cm de altura, dispostos em toda a extensão da malha protetora;
- c) A utilização de equipamentos de tecnologia de informação próximos às descidas deve ser evitada;
- d) O número de descidas é determinado em função do espaçamento médio, que depende do nível de proteção do edifício. A Tabela 3 mostra os espaçamentos médios determinantes do número de descidas.

**Tabela 3 – Espaçamento médio dos condutores de descida não naturais conforme o nível de proteção**

Nível de Proteção	Espaçamento Médio (m)
I	10
II	15
III	20
IV	25

**Fonte: Adaptado de Norma ABNT NBR-5419/2005.**

O número de descidas é uma relação entre o perímetro externo das construções a serem protegidas e o espaçamento médio definido na tabela, ambos

determinados pelo nível de proteção que é calculado de acordo com a avaliação do risco de exposição.

### 2.2.5.3 Método de Franklin

Mamede (2012) apresenta este método que determina o volume de proteção baseado em um cone, cujo ângulo da linha geratriz com a haste varia segundo o nível de proteção para uma determinada altura da construção. Segundo o autor, quanto menor o ângulo, maior será sua capacidade de proteção. Sendo a relação entre o nível de proteção e o ângulo de formação do cone fornecida pela Norma ABNT NBR-5419/2005 e apresentado no Quadro 1.

Nível de Proteção	Altura do Captor (m)				
	0-20	21-30	31-45	46-60	>60
	Ângulo de Proteção (em graus)				
I	25	(A)	(A)	(A)	(B)
II	35	25	(A)	(A)	(B)
III	45	35	25	(A)	(B)
IV	55	45	35	25	(B)

(A) Aplicam-se somente os métodos eletrogeométrico, malha ou gaiola de Faraday.  
 (B) Aplica-se somente o método gaiola de Faraday.

**Quadro 1 – Ângulo de Proteção em graus (°) e Altura da Construção em metros (m)**  
**Fonte: Adaptado da Norma ABNT NBR-5419/2005.**

Esse tipo de proteção é indicado para edificações com até 60 metros de altura e de nível menos severo. De forma que se o nível de proteção e a altura aumentam, se torna inviável a instalação do sistema, pois a proteção que se necessita é maior, sendo assim, são utilizados somente métodos mais eficientes, determinados conforme a Norma ABNT NBR-5419/2005.

Para Mamede (2012), o Método de Proteção de Franklin é semelhante ao Método de proteção Eletrogeométrico, que utiliza a propriedade das pontas metálicas para propiciar o fácil escoamento da descarga elétrica desde a atmosfera até a terra.

Instalado e concebido por Franklin, este método foi o responsável por receber a denominação “Para-Raios”. A Figura 6 apresenta um captor Franklin.



**Figura 6 – Captor Tipo Franklin**  
Fonte: Termotécnica Para Raios (2014).

O poder das pontas explica o funcionamento do Método de Proteção do tipo Franklin, que em seu funcionamento as cargas livres de mesmo sinal ficam afastadas umas das outras, concentrando-se nas superfícies pontiagudas, tornando o campo elétrico mais intenso nessas regiões (USP, ----?).

### 2.3 CRITÉRIOS PARA CONSTRUÇÃO DO SPDA (ABNT-NBR 5419/2005)

Segundo a Norma ABNT NBR-5419/2005, o tipo e posição do SPDA deve ser estudado a fundo desde a etapa de projetos de uma edificação, para assim obter proveito das estruturas e elementos condutores ao máximo. Desta forma, facilita-se o projeto e a construção de uma instalação integrada. Com isso aumenta-se a eficiência do SPDA, se tem redução de custos, e melhor aspecto estético. A norma cita alguns itens de observância obrigatória.

O Sistema de instalação do SPDA consiste em SPDA Isolado e Não Isolado. O SPDA isolado é quando a instalação dos subsistemas de captores e condutores de descidas são instalados afastados a uma distância suficiente do volume a proteger, de modo que reduza a chance de se produzir faíscas. O SPDA Não Isolado é o sistema no qual os subsistemas de captores e condutores de descida

são instalados de forma com que o trajeto percorrido pela corrente da descarga atmosférica possa estar em contato com o volume protegido (NORMA ABNT NBR-5419/2005).

A Norma ABNT NBR-5419/2005, item 5.1.1.1.2, indica que os cabos de todo o Sistema de Proteção devem estar esticados.

Devem existir hastes captoras para que o sistema possa funcionar; dispensadas no caso de elementos captadores naturais (são quaisquer elementos condutores expostos que podem ser atingidos pelos raios, devendo ser considerados como parte do Sistema de Proteção). Existindo elementos Captadores naturais, os mesmos devem atender a condição de forma que haja continuidade elétrica entre as diversas partes, sendo executada de forma que assegure durabilidade.

Os condutores de descida quando instalados deverão atender aos espaçamentos médios indicados, determinados de acordo com o nível de proteção: nível I, espaçamento médio de 10 metros; nível II, espaçamento médio de 15 metros; nível III, espaçamento médio de 20 metros e; nível IV, espaçamento médio de 25 metros.

A distribuição dos condutores de descida deve ocorrer de forma que seus espaçamentos não sejam superiores aos indicados anteriormente, caso o número de condutores for inferior a dois, devem ser instaladas duas descidas de acordo com o item 5.1.2.3, da Norma ABNT NBR-5419/2005.

Segundo a Norma ABNT NBR-5419/2005, conforme o item 5.1.2.4, os condutores de descida devem ser retilíneos e verticais promovendo a menor distância de trajeto para a terra, evitando laços. Emendas nos cabos de descidas não são admitidas, a não ser a interligação entre o subsistema de descida e o subsistema de aterramento, feitas por meio de conectores de medição, onde cada condutor de descida deve estar interligado por meio de uma conexão de medição ao aterramento. Essa conexão deve ser desmontável por meio de ferramenta para que medições elétricas possam ser realizadas.

Para a instalação dos condutores de descida, o material construtivo da parede na qual o condutor será instalado deve ser considerado, seguindo algumas regras. Se a parede for de material não inflamável, os condutores podem ser instalados na superfície ou embutidos nas mesmas. Se o material for inflamável e a elevação da temperatura causada pela passagem da corrente da descarga não

resultar em risco, os condutores podem ser instalados em sua superfície. Contudo se a parede for de material inflamável e a elevação de temperatura resultar em riscos para o material, a distância entre os condutores e o volume a se proteger deve ser de no mínimo 10 centímetros e esses condutores devem ser protegidos por meio de eletroduto rígido de PVC ou metálico com altura mínima de 2,5 metros acima do nível do solo, contra danos mecânicos.

No topo das estruturas com mais que 10 metros de altura e que usam o Sistema de Proteção baseado no Método Franklin, um anel ao longo de todo o perímetro deve ser instalado, não podendo ser instalado a mais de 0,5 metros da borda do perímetro superior da edificação. Quando o SPDA for isolado, a distância entre os captores e as instalações metálicas do volume a ser protegido deve ser maior que dois metros.

Condutores de descida devem estar interligados por condutores horizontais, sendo os mesmos em forma de anéis e, o primeiro, deve ser o anel de aterramento. Se isso não for possível, um anel pode ser instalado acima do nível do solo, não ultrapassando 4 metros de altura em relação ao solo. Se a construção for superior a 20 metros, anéis de cintamento a cada vinte metros ou fração devem ser instalados.

Elementos condutores expostos ou não também são aceitos como condutores de descida, desde que estejam aterrados ou interligados ao Sistema de Proteção, com espaçamento horizontal não superior a seis metros. Os condutores de descida não naturais devem ser fixados a cada metro ao longo de seu percurso, e a uma distância mínima de 0,5 metros de janelas e portas.

Os materiais e condições de aplicação de um SPDA, de acordo com a Norma ABNT NBR-5419/2005, variam de acordo com os riscos expostos a corrosão. Se na aplicação o material for cobre, tanto ao ar livre, quanto enterrado, os cabos devem ser maciços, encordoados ou como revestimento de haste de aço.

Se for embutido no reboco deve ser maciço ou encordoado. Se o material for aço comum galvanizado a quente, em ambas as situações (ar livre, enterrado ou embutido no concreto) a aplicação deve ser de cabo maciço ou encordoado.

Se o material for aço inoxidável instalado ao ar livre, enterrado ou embutido no reboco, ambas as três instalações são com cabos maciços ou encordoados.

Se o cabo for de alumínio instalado ao ar livre, o cabo deve ser maciço ou encordoado e se o cabo for de chumbo instalado ao ar livre, ou enterrado a aplicação é como revestimento.

Levando-se em consideração a corrosão, o cobre é resistente a maior número de substâncias, mas tem risco agravado se as substâncias forem cloretos altamente concentrados, compostos sulfúricos e materiais orgânicos.

O aço comum, galvanizado a quente, é bom em solos ácidos e à corrosão eletrolítica com o cobre. Já o aço inoxidável é resistente a muitas substâncias, com risco agravado de corrosão a água com cloretos dissolvidos. O alumínio, por sua vez, tem risco agravado a agentes básicos e a corrosão eletrolítica com o cobre.

O último material utilizado é o chumbo, que é resistente a altas concentrações de sulfato e com risco agravado em solos ácidos.

Para evitar problemas de corrosão os condutores de descida de alumínio, mesmo tendo a capa de proteção, não devem ser instalados dentro de calhas ou tubos de águas pluviais.

O Quadro 2 apresentado na sequência, mostra em mm<sup>2</sup> o material de fabricação e a espessura mínima dos materiais utilizados em cada componente de um SPDA.

<b>Material</b>	<b>Captor e Anéis Intermediários mm<sup>2</sup></b>	<b>Condutor de Descida para Estrutura até 20 m mm<sup>2</sup></b>	<b>Condutor de Descida para Estrutura Superior a 20 m mm<sup>2</sup></b>	<b>Eltrodo de Aterramento mm<sup>2</sup></b>
Cobre	35	16	35	50
Alumínio	70	25	70	-
Aço galvanizado a quente ou embutido no concreto	50	50	50	80

**Quadro 2 – Seções mínimas dos materiais do SPDA**  
**Fonte: Norma ABNT NBR-5419/2005.**

Estruturas de concreto podem ser utilizadas como condutores de descida natural, desde que suas armaduras de aço estejam interligadas assegurando a continuidade elétrica da armadura de aço.

Toda vez que um SPDA vai ser instalado, a proximidade da edificação a receber o equipamento deve estar de acordo com a distância determinada pela Norma ABNT NBR-5419/2005, para evitar possíveis centelhamentos entre os condutores do equipamento de proteção e instalações metálicas.

De acordo com a Norma ABNT NBR-5419/2005, na entrega da construção, ou após qualquer modificação, reparo ou quando o SPDA for atingido por uma

descarga atmosférica, a instalação deve ser inspecionada, mantendo-se de acordo com o projeto, tendo suas conexões e fixações em bom estado, firmes e livres de corrosão.

Inspeções visuais anuais, e completas trienais, devem ser efetuadas mantendo-se sempre arquivados os documentos necessários para a comprovação das inspeções.

Outros documentos a serem mantidos em arquivo são os relatórios de verificação de necessidade do SPDA e de seleção do respectivo nível de proteção, além de desenhos, em escala, mostrando as dimensões, os materiais e as posições de todos os componentes do SPDA.

### 3 METODOLOGIA

O trabalho foi realizado no câmpus Medianeira (Paraná) da UTFPR, com a análise do Sistema de Proteção Contra Descargas Atmosféricas de cada um dos seus blocos.

Inicialmente foi realizado o levantamento da estrutura física do Campus, quantidade de blocos, dimensões, o modelo de proteção aplicado em cada bloco, e o estado em que as instalações do mesmo se encontram.

#### 3.1 A UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ - CAMPUS MEDIANEIRA

O Ensino Técnico veio a ser instalado em Medianeira quando o Programa de Extensão e Melhoria do Ensino Técnico proporcionou a expansão do CEFET-PR, na região oeste do estado do Paraná, sendo a primeira cidade a receber uma UNED, Unidade de Ensino Descentralizada (UTFPR, 2014).

Com isso surge o câmpus Medianeira, criado nos termos da Portaria 067/87 em 6 de fevereiro de 1987 do Ministério de Educação. Em março do mesmo ano, o câmpus iniciou as suas primeiras atividades com turmas dos cursos Técnicos Integrados em Alimentos e Eletromecânica. A inauguração oficial do câmpus aconteceu em 30 de maio de 1991.

Somente em 1996 o primeiro curso de nível superior foi instalado na instituição: o Curso de Tecnologia em Alimentos. Após isso, no ano de 1999, outros quatro cursos superiores nas áreas de Eletromecânica, Laticínios, Carnes e Meio Ambiente iniciaram suas atividades. Posteriormente foram iniciadas as atividades em mais um curso de graduação, o curso superior de Tecnologia em Informática, no ano de 2000.

Em 2007, o câmpus foi o pioneiro no oferecimento de ensino à distância (EaD), ofertando os cursos de Especialização em Gestão Ambiental e em Educação, Métodos e Técnicas de Ensino. Hoje, além dos citados anteriormente, também oferece o curso em Ensino de Ciências (UTFPR, 2014).

A partir do ano de 2011 o câmpus passou a ter o seu primeiro curso de pós-graduação stricto sensu, com a abertura do Programa de Mestrado na área de Ciências de Alimentos, sendo aprovado o Programa de Mestrado em Tecnologias Ambientais no ano de 2013.

Atualmente a UTFPR câmpus Medianeira oferece os cursos de Tecnologia em Alimentos, Tecnologia em Gestão Ambiental e Tecnologia em Manutenção Industrial na área de graduação, e mais cinco cursos de bacharelado, sendo: Engenharia de Alimentos, Engenharia Ambiental, Engenharia Elétrica, Engenharia de Produção, Ciência da Computação e Licenciatura em Química.

Nos 23 anos de atividades, o câmpus vem acompanhando a mudança do perfil econômico do município, obtendo parcerias com empresas e instituições, que têm facilitado à realização de pesquisas conjuntas, oportunidades de estágios e empregos aos estudantes da instituição, além de patrocínios para a realização de eventos científicos e tecnológicos que a Universidade promove (UTFPR, 2014).

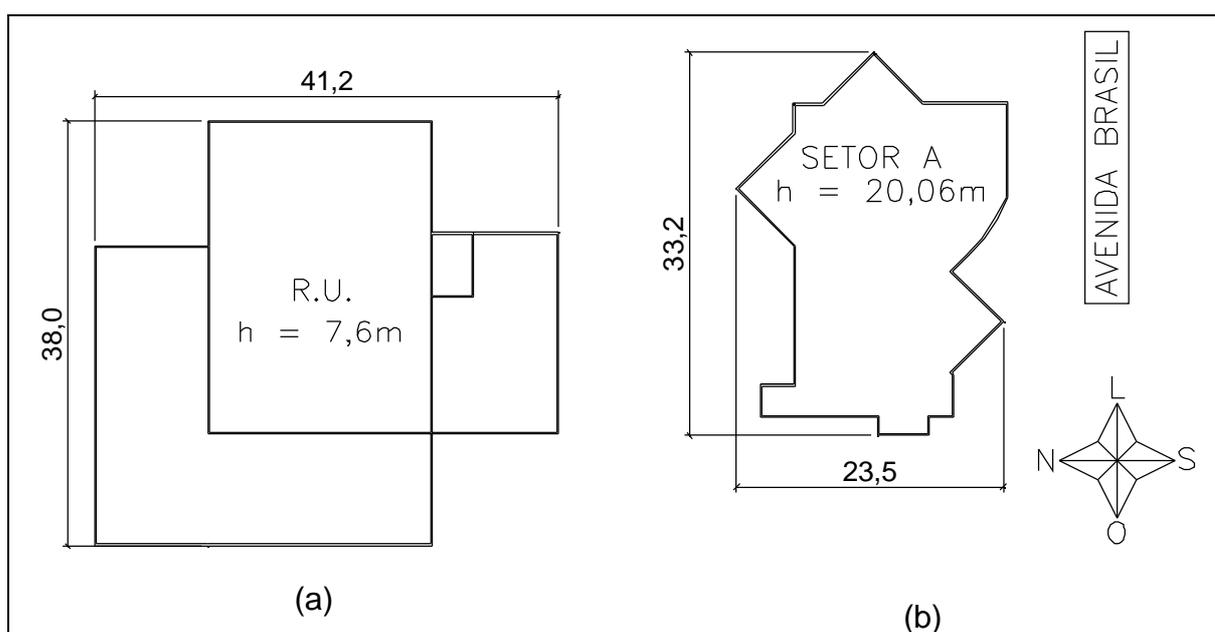
### 3.1.1 A Estrutura do Câmpus

Como pode ser observado no Apêndice A, a UTFPR (câmpus Medianeira) conta com uma ampla área construída, dividida em:

- a) Setor A: Biblioteca, Auditório, Diretoria de Pesquisa e Pós-graduação, Diretoria de Relações Empresariais e Comunitárias, Departamento de Estágios e Cursos de Qualificação Profissional, Departamento de Relações Interinstitucionais;
- b) Setor C: Setor de Concursos, Coordenadoria de Tecnologia da Educação, Setor de Crachás, Sala de professores, Sala do Mestrado, Departamento de Registros Acadêmicos, Setor Médico, NUAPE;
- c) Setor D: Departamento Financeiro e Contábil, Departamento de Materiais e Patrimônio, Diretoria de Planejamento e Administração, Assessoria de Comunicação, Cerimonial e Eventos, Gabinete do Diretor;
- d) Setor E: Coordenadoria de Gestão de Tecnologia da Informação, Sala 24 horas, Papelaria, Cantina Servidores, Coordenadoria de Gestão de Recursos Humanos, LAMAG;

- e) Setor F: Diretoria de Graduação e Educação Profissional, Secretaria de Gestão Acadêmica, Secretaria de Bacharelados e Licenciaturas, Secretaria de Educação Profissional e Graduação Tecnológica, Departamento de Educação, Assessoria da DIRGRAD, Ouvidoria, Sala de Reuniões, Assessoria de Avaliação Institucional.
- f) Setor J: Sala de Professores, Sala dos Coordenadores de Curso, Miniauditório, Laboratório de Mecânica, de Elétrica, de Informática e de alimentos;
- g) Setor I: Salas de Aula, Laboratórios de Informática, de Química, de Alimentos e de Ambiental, Sala de Desenho Técnico;
- h) Setor H: Salas de Aula;
- i) Setor L: Sala de Professores e Laboratórios de Informática, de Química e de Alimentos;
- j) Conta ainda com o Restaurante Universitário (RU), duas Subestações transformadoras de energia responsáveis pela alimentação elétrica do câmpus, uma Caixa D'água responsável pelo abastecimento de água, a edificação onde está instalada toda a parte responsável pela manutenção e limpeza do câmpus.

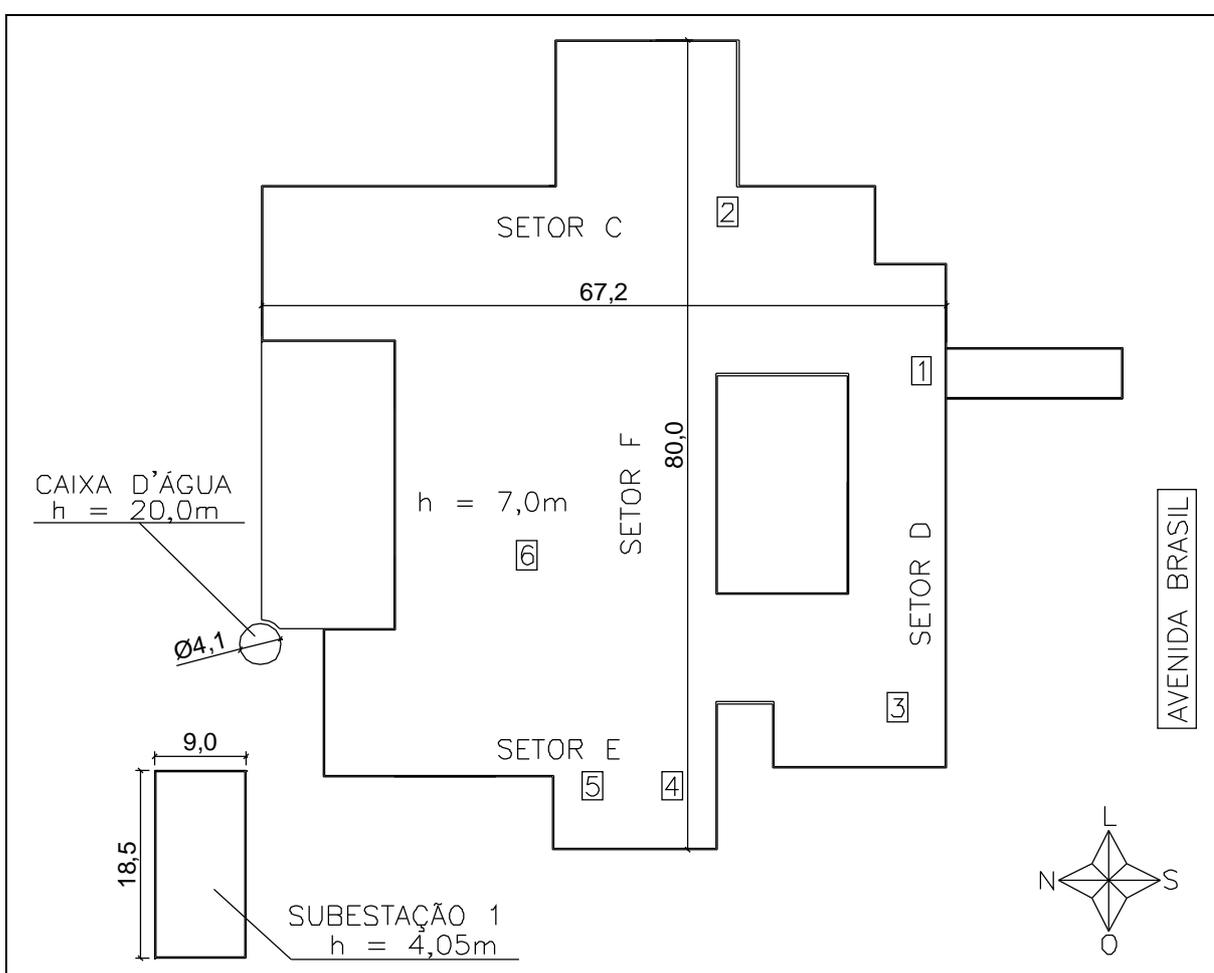
Na Figura 7 observa-se o RU (a) e o bloco do Setor A (b).



**Figura 7– Restaurante Universitário e Setor A**  
**Fonte: Autor.**

O Bloco do RU, Figura 7(a), em seu ponto mais alto, possui 7,6 metros de altura. As dimensões consideradas para o projeto do SPDA são de 41,2 m e 38,0 m (medindo das extremidades mais distantes da construção, o SPDA, vai ficar superdimensionado). Na Figura 7(b) pode ser observado o prédio do Setor A, que possui 3 andares, totalizando 20,06 metros de altura. As dimensões consideradas são 33,2 m e 23,5 m, de forma que o SPDA fique superdimensionado.

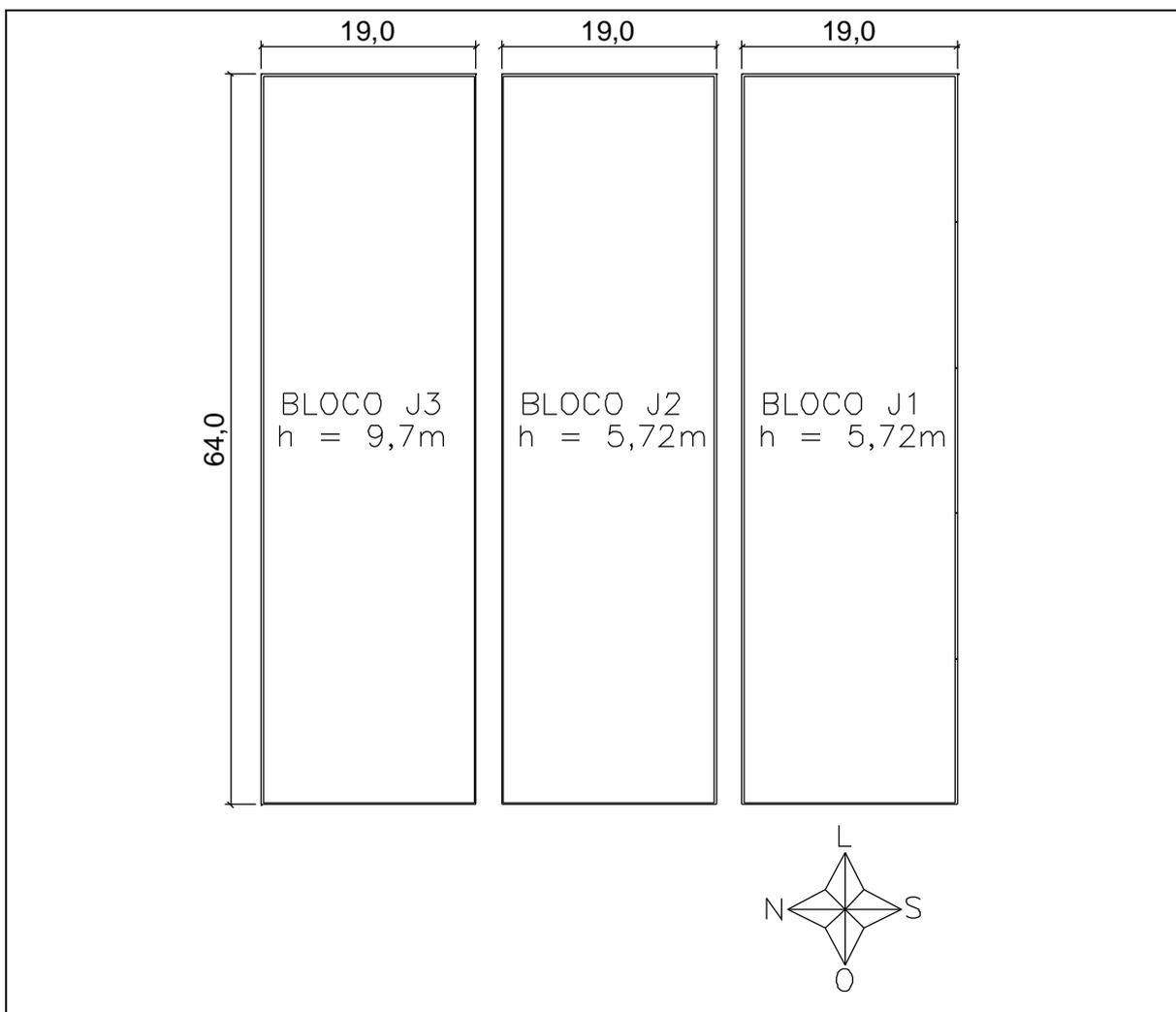
O Bloco do Setor C, D, E, F está apresentado na Figura 8, juntamente com a Subestação 01 e Caixa D'água.



**Figura 8 – Setores C, D, E, F, Subestação 1 e Caixa d'água**  
**Fonte: Autor.**

Representado pelo número 1, a entrada da Universidade; o número 2 representa a localização secretaria acadêmica; em 3, representa-se a Diretoria de Planejamento e Administração, Assessoria de Comunicação, Cerimonial e Eventos, Gabinete do Diretor; em 4 a Cantina dos Servidores; em 5 a Central de Cópias e a Sala de Estudos 24 horas; em 6 a localização do antigo RU.

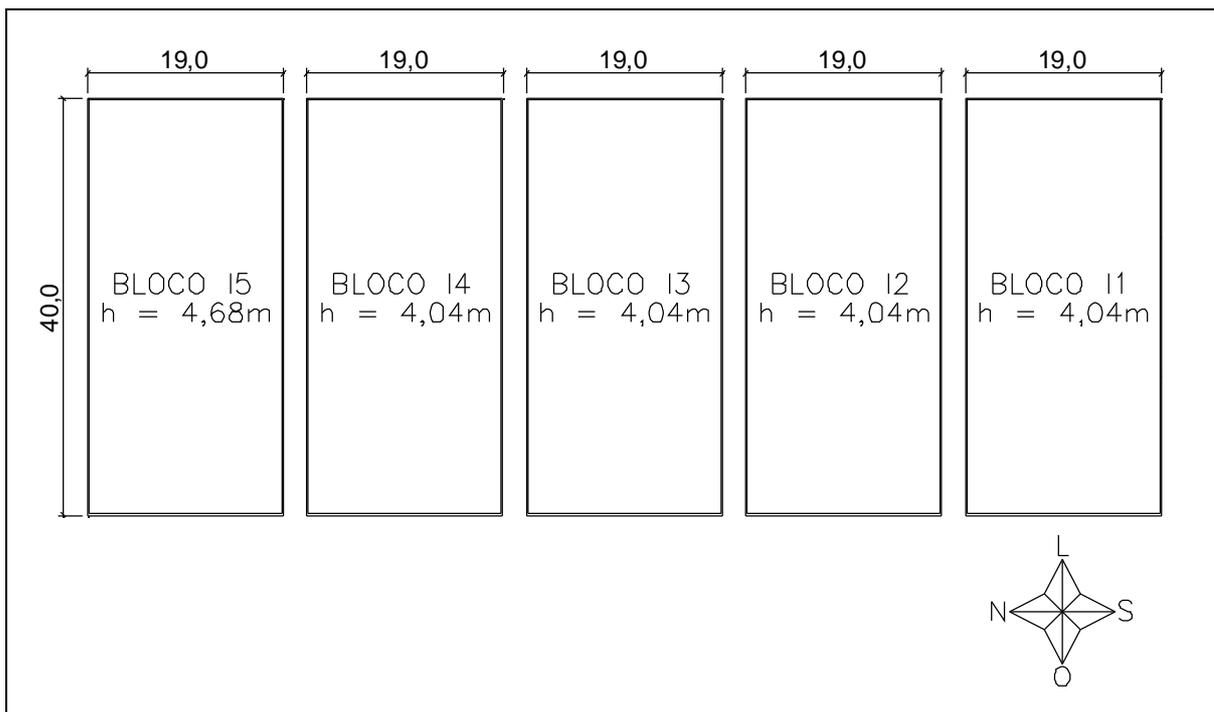
O Setor J, apresentado na Figura 9, possui três Blocos, J1, J2, J3, os quais possuem laboratórios de alimentos, de manutenção mecânica, de elétrica e eletrônica, além de salas de aula, um miniauditório e a sala das coordenações de curso.



**Figura 9 – Setor J**  
**Fonte: Autor.**

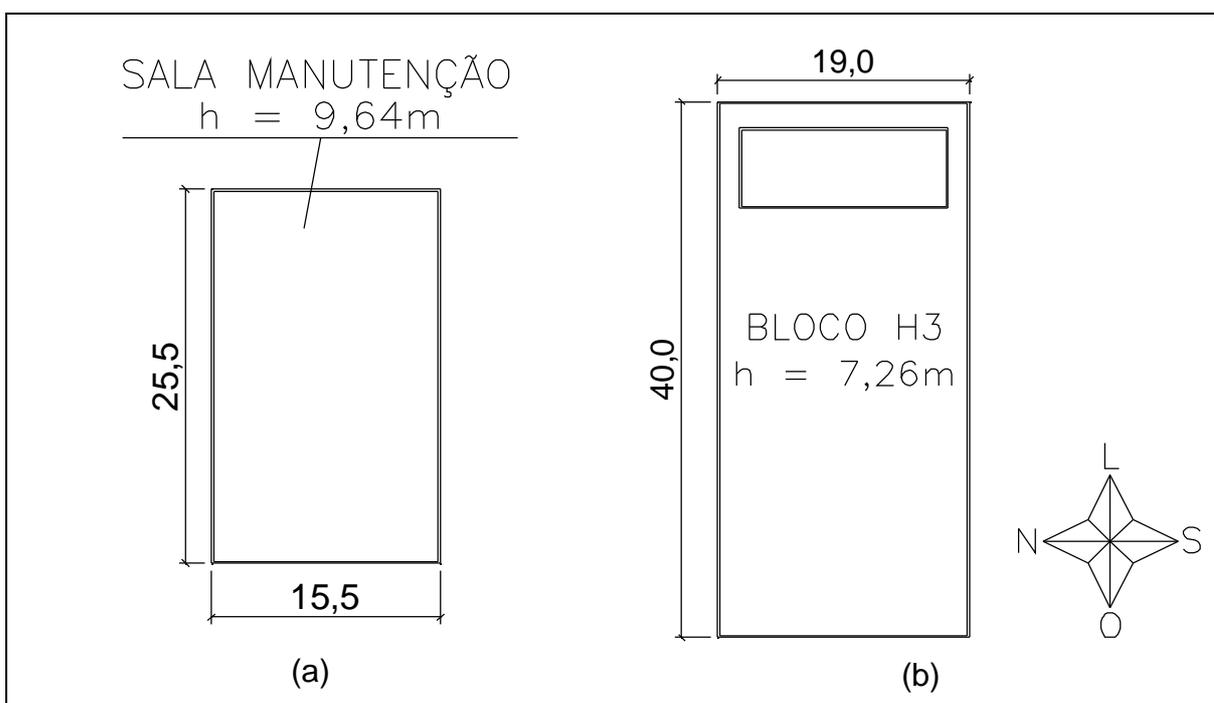
Os blocos J1 e J2 possuem altura de 5,72 metros. Algumas salas possuem um “mezanino”, (um segundo piso que pode ser acessado somente pela própria sala). O bloco J3, que possui uma altura de 9,7 metros, é uma construção de 2 pavimentos.

Nos blocos representados pela letra I, ilustrados na Figura 10, estão as salas de aula convencionais, e os laboratórios de química. Todos com dimensões de 64x19 metros, com altura de 4,04 metros, alterando apenas a altura do bloco I5 que é de 4,68 metros.



**Figura 10 – Setor I**  
**Fonte: Autor.**

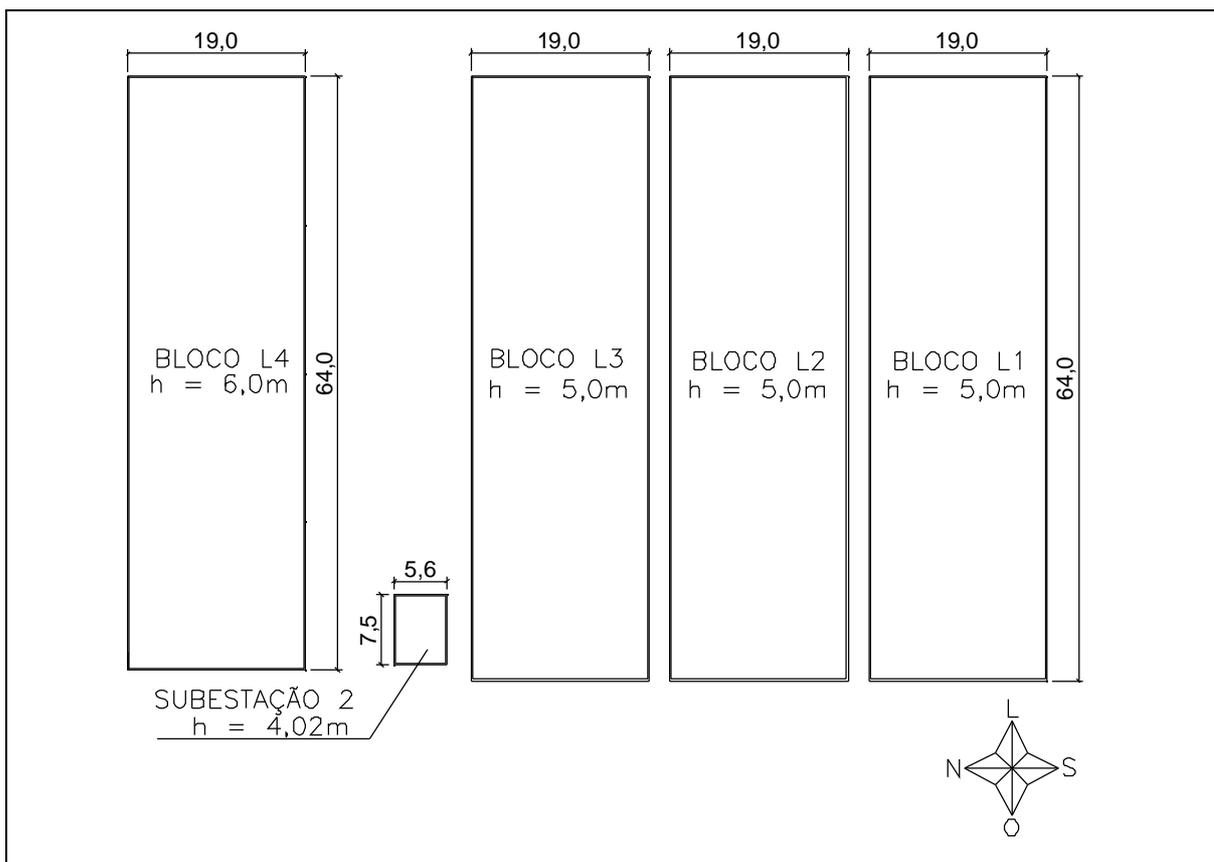
Na Figura 11(a) temos a sala dos colaboradores responsáveis pela manutenção e limpeza do campus, com dois pavimentos, e o bloco H na figura 11(b) com salas de aula.



**Figura 11 – Bloco H3 e Sala Manutenção**  
**Fonte: Autor.**

O bloco H3 possui uma altura mais elevada em relação aos outros blocos devido ao seu layout construtivo, essa área elevada fica acima dos banheiros a uma altura de 7,26 metros.

Por fim, a Figura 12, mostra os blocos representados por L onde estão laboratórios de informática, salas de automação e sistemas de informação, e salas de aula. Também pode ser observado a subestação 2.



**Figura 12 – Setor L e Subestação 2**  
**Fonte: Autor.**

### 3.2 O LEVANTAMENTO DE CAMPO

Conforme Anexo A, temos para a UTFPR (Câmpus Medianeira) a Classificação de Estrutura do tipo comum, e Nível de Proteção II.

Para realizar as medições e a verificação das instalações do SPDA no levantamento de campo foram utilizados os seguintes materiais: Trena Digital; Trena Analógica; Notebook; Prancheta; Escada; Calculadora e; Máquina Fotográfica.

Para cada bloco existente na universidade, foi realizada a medição de comprimento, largura e altura. Após ter o levantamento das medidas, realizou-se o cálculo da obrigatoriedade, seguindo os passos do Método de Seleção do Nível de Proteção conforme a Avaliação do Risco de Exposição, apresentados na Figura 13, indicados no Apêndice B.

PAVIMENTO	H TOTAL	LARG.	COMP.	Ae	Ng	Nd	Nc
Setor C, D, E e F							
Caixa D'água							
Subestação 1							
Bloco J1							
Bloco J2							
Bloco J3							
Manutenção e Limpeza							
Bloco I1							
Bloco I2							
Bloco I3							
Bloco I4							

**Figura 13 – Amostra do Quadro de Avaliação do Risco de Exposição**  
**Fonte: Autor.**

Foi criado um *checklist* com base na Norma ABNT NBR-5419/2005, para verificar a situação das instalações dos SPDA da universidade.

Na sequência destacam-se alguns itens que, devido à incidência de não conformidades encontradas na inspeção de campo em cada bloco da Universidade, devem ser observados com maior atenção:

- a) A largura do módulo da malha deve atender a um espaçamento médio de 10 metros para o nível classificado como II, segundo a Tabela 2;
- b) Os condutores de descida devem estar retilíneos, verticais e sem nenhuma emenda. Emendas são permitidas apenas na extremidade de conexão com a malha de aterramento feita por um conector de medição, e na extremidade de conexão com os cabos do sistema de captadores, feita por solda;
- c) Os cabos utilizados tanto como captadores, quanto como descida devem estar esticados;
- d) O número de descidas da instalação deve atender a um espaçamento médio de 10 metros. Se a construção tiver um perímetro menor que o tabelado,

obrigatoriamente duas descidas em quaisquer construções devem ser instaladas;

- e) Para as instalações serem válidas e manterem a devida segurança e funcionamento, as espessuras e material de fabricação dos condutores do sistema, devem atender as prescrições do Quadro 2.

### 3.3 TRATAMENTO DOS DADOS

Ao aplicar o *checklist* em cada bloco, cada item é definido por uma resposta pré-determinada de afirmação ou negação. Cada resposta é o resultado de uma análise feita nas instalações de SPDA da universidade, com a utilização da Norma ABNT NBR-5419/2005. As perguntas são de afirmação e negação, com respostas do tipo aplica ou não se aplica, conforme ou não conforme, sim ou não, e também aquelas em que não há registro.

Há também as perguntas que possuem opção de resposta, A, B ou C, que, por sua vez, serão respondidas de acordo com a letra em que cada opção corresponde. Em algumas perguntas existem valores que precisam ser inseridos, os quais vão ser citados abaixo do *checklist*, no comentário de cada questão.

Na Figura 14 observamos um exemplo de uma parte do *Checklist* a ser aplicado em cada área determinada da universidade. O *checklist* completo pode ser encontrado no Apêndice C.

CHECK LIST CONFORME NORMA ABNT- NBR 5419		BLOCO									
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	O tipo de SPDA é: a) Isolado b) não Isolado										
2	Os cabos estão esticados? s) Sim n) Não										
3	Existem hastes captoras?										
4	Há elementos captadores naturais?										
5	Os captadores naturais atendem as condições do item 5.1.1.4.2?										
6	Qual o método utilizado para a escolha dos captadores: a) Franklin b) Faraday c) Eletrogeométrico										
7	Os condutores estão dispostos em malhas?										
8	A largura do modulo da malha atende as especificações da Tabela 1?										
9	Qual a largura do módulo da malha?										
10	Os condutores de Descidas são retilíneos?										

Figura 14 – Amostra *Checklist*

Fonte: Autor.

## 4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Com o Nível de Proteção determinado e as medições realizadas, juntamente com as equações propostas, a tabela do Apêndice B foi devidamente preenchida.

Com a Equação (2) e as dimensões de cada bloco calculou-se a Área de Exposição  $A_e$ .

A Equação (1) juntamente com o número de dias de trovoadas por ano, retirado da Figura 2, determinaram a densidade de descargas atmosféricas para a terra, ou seja, o valor encontrado corresponde a quantidade de raios para a terra por quilômetros quadrados por ano,  $N_g$ .

Foram encontrados os valores de  $A_e$  e  $N_g$ , calculou-se através da Equação (3) a frequência média anual previsível de descargas atmosféricas ( $N_d$ ) sobre a estrutura em questão, ou seja, o provável número de raios que, em um período de um ano, vão atingir uma estrutura.

Dependente do valor de  $N_d$ , a frequência admissível de danos  $N_c$ , é realizada através da comparação de limites determinados internacionalmente, se o risco for maior que 1 acidente em 1.000 por ano, os riscos são considerados inaceitáveis. Contudo, se o risco for menor que 1 pra 100.000 acidente por ano, os riscos já são considerados aceitáveis. Tendo, por fim, os valores intermediários como opcionais condicionados ao proprietário.

Ainda com o valor de  $N_d$ , aplicam-se os fatores de ponderação indicados pelo Anexo B, Anexo C, Anexo D, Anexo E e Anexo F, através da multiplicação de cada um pelo valor da frequência media anual previsível de descargas atmosféricas  $N_d$ , e realizando a comparação desses valores com a frequência admissível de danos  $N_c$ .

Desta forma se conclui se a estrutura requer um SPDA ( $N_d$  maior ou igual a 0,001), se convêm que a estrutura possua um SPDA, sendo decidido por meio de acordo entre projetista e usuário ( $N_d$  entre que 0,001 e 0,00001 - exclusive), e por fim, se a estrutura está dispensada da necessidade de utilização de um SPDA ( $N_d$  menor ou igual a 0,00001).

Todos os valores encontrados, para a definição dos critérios de obrigatoriedade, podem ser observados no Quadro 3.

PAVIMENTO	H TOTAL	LAR G.	COM P.	ÁREA DE EXPOSIÇÃO Ae	DENSIDADE DE DESCARGAS Ng	FREQUÊNCIA MÉDIA ANUAL PREVISIVEL Nd	FREQUÊNCIA ADMISSÍVEL DE DANOS Nc	AVLIAÇÃO GERAL DO RISCO	FATOR DE PONDERAÇÃO
Setor C, D, E e F	7,000	67,2	80,0	7590,74	9,5702322	0,0726451	RISCO INACEITÁVEL	0,109171	REQUER
Caixa D'água	20,000	4,1	4,1	1601,45	9,5702322	0,0153262	RISCO INACEITÁVEL	0,023032	REQUER
Subestação 1	4,050	9,0	18,5	440,78	9,5702322	0,0042183	RISCO INACEITÁVEL	0,006339	REQUER
Bloco J1	5,721	19,0	64,0	2268,51	9,5702322	0,0217101	RISCO INACEITÁVEL	0,032626	REQUER
Bloco J2	5,721	19,0	64,0	2268,51	9,5702322	0,0217101	RISCO INACEITÁVEL	0,032626	REQUER
Bloco J3	9,700	19,0	64,0	3121,79	9,5702322	0,0298762	RISCO INACEITÁVEL	0,044898	REQUER
Manutenção e Limpeza	9,640	15,5	25,5	1477,68	9,5702322	0,0141417	RISCO INACEITÁVEL	0,021252	REQUER
Bloco I1	4,045	19,0	40,0	1288,71	9,5702322	0,0123332	RISCO INACEITÁVEL	0,018534	REQUER
Bloco I2	4,045	19,0	40,0	1288,71	9,5702322	0,0123332	RISCO INACEITÁVEL	0,018534	REQUER
Bloco I3	4,045	19,0	40,0	1288,71	9,5702322	0,0123332	RISCO INACEITÁVEL	0,018534	REQUER
Bloco I4	4,045	19,0	40,0	1288,71	9,5702322	0,0123332	RISCO INACEITÁVEL	0,018534	REQUER
Bloco I5	4,680	19,0	40,0	1381,05	9,5702322	0,0132169	RISCO INACEITÁVEL	0,019862	REQUER
Bloco H	7,260	19,0	40,0	1782,27	9,5702322	0,0170566	RISCO INACEITÁVEL	0,025632	REQUER
Bloco L1	4,995	19,0	64,0	2123,55	9,5702322	0,0203228	RISCO INACEITÁVEL	0,030541	REQUER
Bloco L2	4,995	19,0	64,0	2123,55	9,5702322	0,0203228	RISCO INACEITÁVEL	0,030541	REQUER
Bloco L3	4,995	19,0	64,0	2123,55	9,5702322	0,0203228	RISCO INACEITÁVEL	0,030541	REQUER
Subestação 2	4,020	5,6	7,5	198,09	9,5702322	0,0018958	RISCO INACEITÁVEL	0,002849	REQUER
Bloco L4	6,000	19,0	64,0	2325,10	9,5702322	0,0222517	RISCO INACEITÁVEL	0,033439	REQUER
R.U.	7,600	38,0	41,2	2950,90	9,5702322	0,0282407	RISCO INACEITÁVEL	0,042440	REQUER
Setor A	20,060	23,5	33,25	4322,37	9,5702322	0,0413661	RISCO INACEITÁVEL	0,062164	REQUER

**Quadro 3 – Definição dos critérios de obrigatoriedade**

**Fonte: Autor.**

Com os cálculos já realizados, foi constatada a obrigatoriedade do SPDA nos blocos do campus. Iniciou-se, então, o levantamento a campo, bloco por bloco, analisando completamente os sistemas de descidas e captores e seu entorno.

Esse levantamento foi realizado em um período de dois meses, mais precisamente no mês de julho e agosto do ano de 2014, relatando e registrando por meio de fotografia os pontos mais críticos.

Baseado nas perguntas do *checklist* contido no Apêndice 3, foi possível verificar todos os pontos positivos e negativos conforme questões propostas apresentadas a seguir.

A interpretação para as respostas marcadas no *checklist* é de acordo com a descrição mostrada no Quadro 4.

Resposta	Significado
S	Sim
N	Não
NA	Não se Aplica
NC	Não Conforme
C	Conforme
SR	Sem Registro
D	Diversas

**Quadro 4 – Interpretação para as respostas no *checklist***

Fonte: Autor.

As considerações sobre o condutor de descida devem ter a interpretação dada pelo Quadro 5.

Tipo da instalação do condutor de descida	Significado
A	Instalado na superfície, embutido ou afastado 10 cm
B	Instalado na superfície ou afastado 10 cm
C	Instalado afastado no mínimo 10 cm
D	Conexões e fixações estão em bom estado, firmes e livres de corrosão?

**Quadro 5 – Considerações sobre o condutor de descida**

Fonte: Autor.

A legenda construída para os Blocos é de acordo com o Quadro 6.

Número	Bloco
1	Setor C, D, E, F;
2	Caixa D'água;
3	Subestação 1;
4	Bloco J1;
5	Bloco J2;
6	Bloco J3;
7	Sala do Setor de Manutenção e Limpeza do Câmpus;
8	Bloco I1;
9	Bloco I2;
10	Bloco I3;
11	Bloco I4;
12	Bloco I5;
13	Bloco H;
14	Bloco L1;
15	Bloco L2;
16	Bloco L3;
17	Subestação 2;
18	Bloco L4;
19	R.U.;
20	Setor A.

**Quadro 6 – Legenda para a identificação dos blocos**

Fonte: Autor.

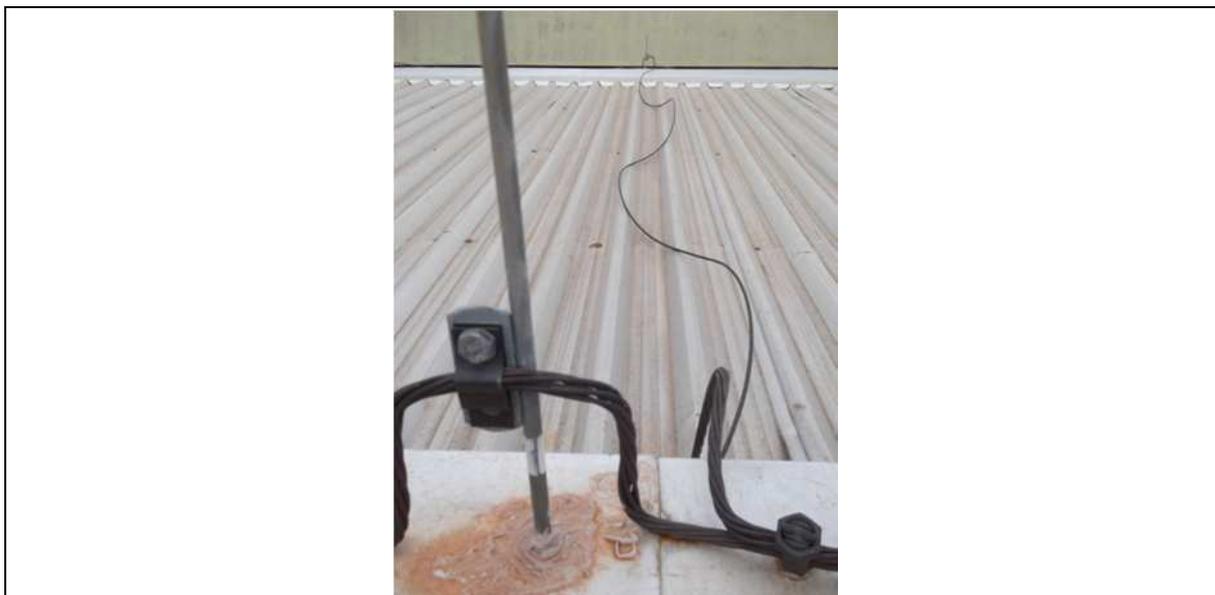
CHECKLIST CONFORME NORMA ABNT- NBR 5419		BLOCO																			
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
1	O tipo de SPDA é: a) Isolado b) não Isolado	AB	A	AB	AB	AB	A	NA	AB	AB	AB	AB	NA	B	B	B	AB	B	AB	AB	A
2	Os cabos estão esticados? s) Sim n) Não	N	N	N	N	N	N	NA	N	N	N	N	NA	N	N	N	N	N	S	N	N
3	Existem hastes captoras?	S	S	S	S	S	S	NA	S	S	S	S	NA	S	S	S	S	S	S	S	S
4	Há elementos captoreis naturais?	N	N	N	N	N	N	NA	N	N	N	N	NA	N	N	N	N	N	N	N	N
5	Os captoreis naturais atendem as condições do item 5.1.1.4.2?	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
6	Qual o método utilizado para a escolha dos captoreis: a) Franklin b) Faraday c) Eletrogeométrico	B	A	B	B	B	B	NA	B	B	B	B	NA	B	B	B	AB	B	B	AB	AB
7	Os condutores estão dispostos em malhas?	S	N	S	S	S	S	NA	S	S	S	S	NA	S	S	S	S	S	S	S	N
8	A largura do módulo da malha atende as especificações da Tabela 1?	NC	NA	C	NC	NC	NC	NA	NC	NC	NC	NC	NA	NC	NC	NC	NC	C	NC	C	NC
9	Qual a largura do módulo da malha quando Não Conforme?		NA	NA				NA					NA					NA			
10	Os condutores de Descidas são retilíneos?	NA	S	NA	NA	NA	N	NA	NA	NA	NA	NA	NA	S	S	S	S	S	S	S	S
11	Os condutores de descidas são verticais?	NA	S	NA	NA	NA	N	NA	NA	NA	NA	NA	NA	S	S	S	S	S	S	S	S
12	Existem laços?	N	N	N	N	N	N	NA	N	N	N	N	NA	N	N	N	N	N	N	N	N
13	Os condutores de descidas têm emendas?	NA	N	NA	NA	NA	N	NA	NA	NA	NA	NA	NA	N	S	N	N	N	N	N	N
14	Existe um conector de medição entre o condutor de descida e a malha de aterramento?	NA	NC	NA	NA	NA	NC	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NC	C						
15	A estrutura possui mais que 10 m de altura?	N	S	N	N	N	N	NA	N	N	N	N	NA	N	N	N	N	N	N	N	S
16	Existe captor instalado em forma de anel disposto ao longo de todo perímetro nas instalações do tipo faraday?	S	NA	S	S	S	S	NA	S	S	S	S	NA	S	S	S	S	S	S	S	S
17	O anel captor esta instalado: a) Na Borda b) Recuado inferior a 0,5m do perímetro superior da edificação	A	NA	A	A	A	A	NA	A	A	A	A	NA	A	A	A	A	A	A	A	A
18	A Parede da estrutura é de material: a) Não inflamável <sup>(A)</sup> , b) Inflamável com alto ponto de fulgor <sup>(B)</sup> ; c) Inflamável com baixo ponto de fulgor <sup>(C)</sup>	A	A	A	A	A	A	NA	A	A	A	A	NA	A	A	A	A	A	A	A	A
19	A distância entre o captor e as instalações metálicas no SPDA isolado do volume a proteger é maior que 2 m?	S	NA	S	S	S	S	NA	S	S	S	S	NA	N	N	N	N	S	S	S	N
20	Existem espaçadores isolando o SPDA não isolado da estrutura?	S	S	S	S	S	S	NA	S	S	S	S	NA	NA	NA	NA	NA	NA	S	S	S
21	Existem mastros captoreis?	N	S	N	N	N	N	NA	N	N	N	N	NA	N	N	N	S	N	N	S	S
22	Os condutores de descida são distribuídos respeitando a distância conf. tabela 2?	NC	C	NC	NC	NC	NC	NA	NC	NC	NC	NC	NA	NC	NC	NC	NC	C	NC	NC	NC



Em dois blocos (7 e 12) não se tem nenhum tipo de instalação, descartando qualquer comentário a seguir, em relação a cada questão do *checklist*.

Todas as não conformidades, e observações a respeito de todos os blocos seguirão na sequência crescente e com numeração de cada bloco conforme legenda:

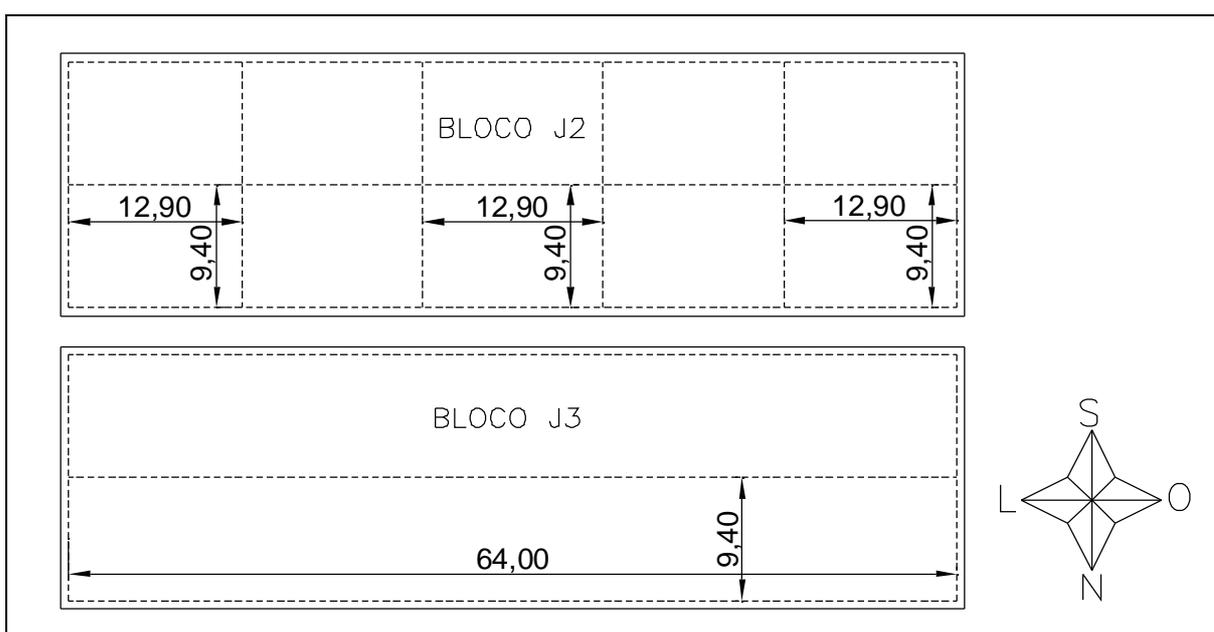
- 1) Em apenas dois Blocos, 2 e 20, a instalação do SPDA é totalmente do tipo isolado. Em quatros blocos a instalação é totalmente não isolada, que são 13, 14, 15 e 17. Nos blocos restantes, os captores são instalados de forma isolada, mas o subsistema de descida permanece embutido ou em contato com a edificação, tornando o SPDA não isolado;
- 2) Em apenas um bloco, o número 18, que é o Bloco L4 os cabos do sistema permanecem esticados, no restante deles todos apresentam não conformidades com os cabos, que permanecem sem estar devidamente esticados, assim como mostra a Figura 15;



**Figura 15 – Subestação 2, cabo não esticado**  
**Fonte: Autor.**

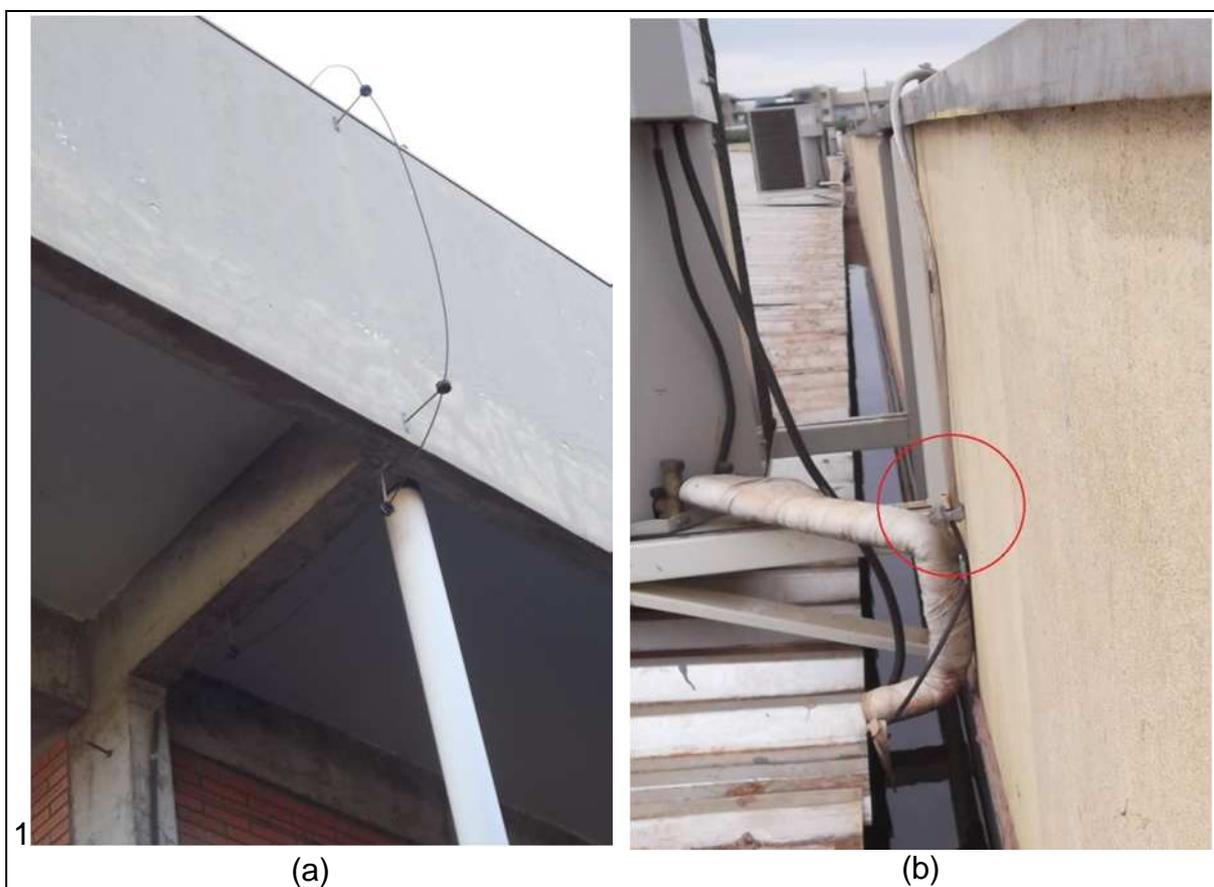
- 3) Todas as edificações existentes, exceto as duas que não possuem SPDA, possuem hastes captoras conforme rege a norma em questão;
- 4) Em nenhum dos Blocos o subsistema de captor se dá por meio de captor natural;
- 5) A questão não se aplica a nenhum bloco, justamente por não possuírem captos naturais;

- 6) Em 3 Blocos o SPDA possui dois tipos de captores, tanto do tipo Franklin, como do tipo Faraday que são 16, 19 e 20. Em exceto os dois blocos que não possuem SPDA (7 e 12), o restante das construções possui captor do tipo Faraday em seu sistema construtivo;
- 7) Excluindo os blocos 2, 7 e 12 que possuem captor do tipo Franklin, ou não apresentam sistema de proteção, o restante dos blocos possuem os captores dispostos em malhas conforme o sistema de proteção do tipo Faraday;
- 8) Conforme a Norma, a medida da malha, dos captores Faraday e para nível de proteção II que é o caso da Universidade, necessária para que haja devida proteção seria de 10 metros x 10 metros. No caso em questão, três blocos essa questão não se aplica (2, 7, 12) em três blocos o espaçamento está de acordo (3, 17, 19) e no restante todos os blocos apresentam espaçamento superior ao necessário;
- 9) Para os 6 blocos (3 que não possuem captores em malha e 3 que o espaçamento da malha está de acordo) a questão atual não se aplica, e o restante, esse espaçamento varia de bloco para bloco, Ex: Blocos 4 e 5 o espaçamento é em média 12,80 m por 9,30 m; blocos 8, 9, 10, 11 o espaçamento é de 13,30 metros por 9,30 metros e nos blocos 14, 15 e 16 o espaçamento chega a 9,40 metros por 64 metros como mostra a Figura 16;



**Figura 16 – Blocos J2 e J3, (linha pontilhada indica os condutores da malha)**  
Fonte: Autor.

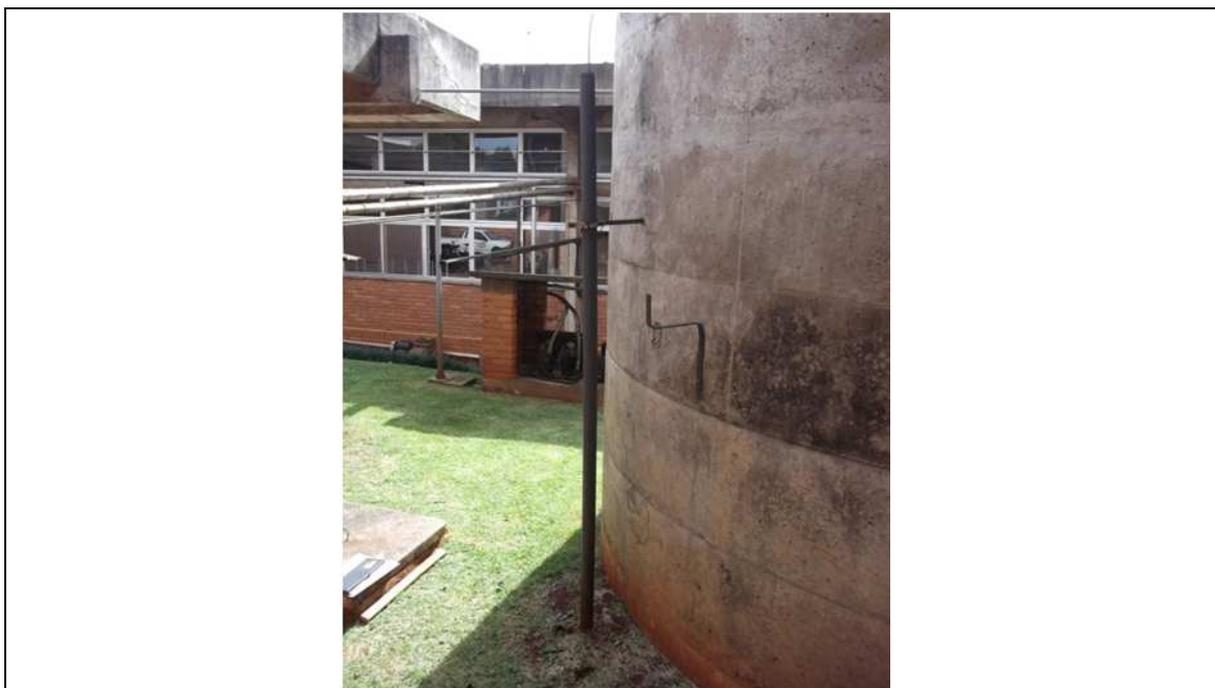
- 10) Em apenas 1 bloco os condutores de descida não estão instalados de forma retilínea, de acordo a forma de instalação para não interferir na coluna de concreto da construção, no restante dos blocos ou os condutores permanecem retos, ou as descidas são feitas de forma natural não possuindo condutor de descida;
- 11) Assim como na questão anterior o mesmo bloco não conforme, apresenta outra não conformidade, ou seja, para o desvio de coluna, o cabo de descida acaba fazendo uma curva de 90° tornando a instalação do condutor de descida na posição horizontal como a Figura 17(a) mostra. O restante dos blocos esta dentro dos conformes;
- 12) Em nenhum dos blocos existe laço nos condutores;
- 13) Em apenas 1 bloco, como pode ser observado na Figura 17(b), os condutores de descida possuem emenda, no restante dos blocos ou os condutores não possui emenda, ou a questão não se aplica por a descida ser feita de forma natural;



**Figura 17 – Bloco J3, condutor de descida na horizontal (a), Bloco L1, condutor de descida com emenda (b)**

Fonte: Autor.

- 14) Apenas um bloco possui conector de medição em todas as descidas de seu SPDA (bloco 20) no restante dos blocos, ou o bloco não possui conector de medição em função da descida ser natural, ou o bloco está não conforme, ou seja, nem todas as descidas possuem conector de medição como a Figura 18, e outros têm suas caixas de proteção cheias de entulho e terra, impedindo que os trabalhos sejam realizados, mostrado na Figura 19;



**Figura 18 – Caixa d'água, condutor de descida sem conector com a malha de aterramento**  
Fonte: Autor.



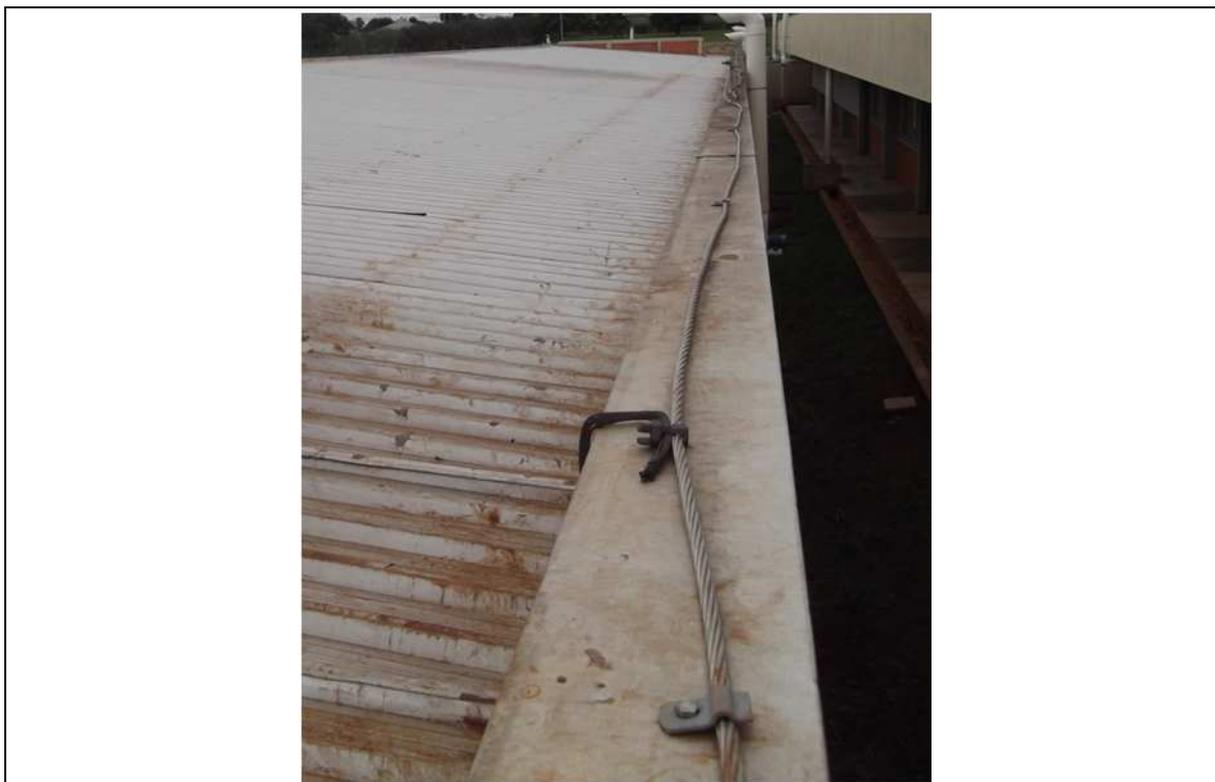
**Figura 19 – Bloco L1, conector de medição enterrado**  
Fonte: Autor.

- 15) Apenas dois Blocos possuem 20 metros de altura ou mais, os Blocos 2 e 20;
- 16) Exceto o bloco 2 que não possui captor do tipo Faraday, e os blocos 7 e 12 que não possuem nenhum tipo de sistema SPDA, todos os blocos restantes possuem um anel instalado em todo o perímetro;
- 17) Todos os blocos que possuem captor do tipo Faraday e um anel instalado em todo o perímetro da construção tem esse anel fixado na borda da construção;
- 18) Todos os blocos possuem parede construída em alvenaria;
- 19) Em três blocos (2, 7, 12) a questão não se aplica, em 5 blocos (13, 14, 15, 16) o espaçamento é inferior a 2 metros, os captores de descida estão próximos a eletro calhas utilizadas para passar fios de energia, perto de tubulações de gás e de postes de luz, mostrados na Figura 20, no restante dos blocos não existe nenhuma proximidade;



**Figura 20 – Bloco L1, instalações metálicas instaladas a menos de dois metros do SPDA**  
Fonte: Autor.

- 20) Os blocos 13, 14, 15, 16, 17 por possuírem seu SPDA não isolado (observado na Figura 21) e nos blocos 7 e 12 por não possuírem SPDA, a questão não se aplica. No restante dos blocos existe um espaçador entre a estrutura e os cabos do SPDA como são mostrados na Figura 22;



**Figura 21 – Bloco L3, captadores instalados sem espaçadores (SPDA não isolado)**  
Fonte: Autor.



**Figura 22 – Bloco J2, captadores instalados com espaçadores**  
Fonte: Autor.

- 21) Apenas os blocos com numeração de 2, 16, 19 e 20 possuem haste captora do tipo Franklin em seu SPDA, um exemplo é no Bloco L3, que possui captor tipo Franklin em sua instalação como nos mostra a Figura 23;

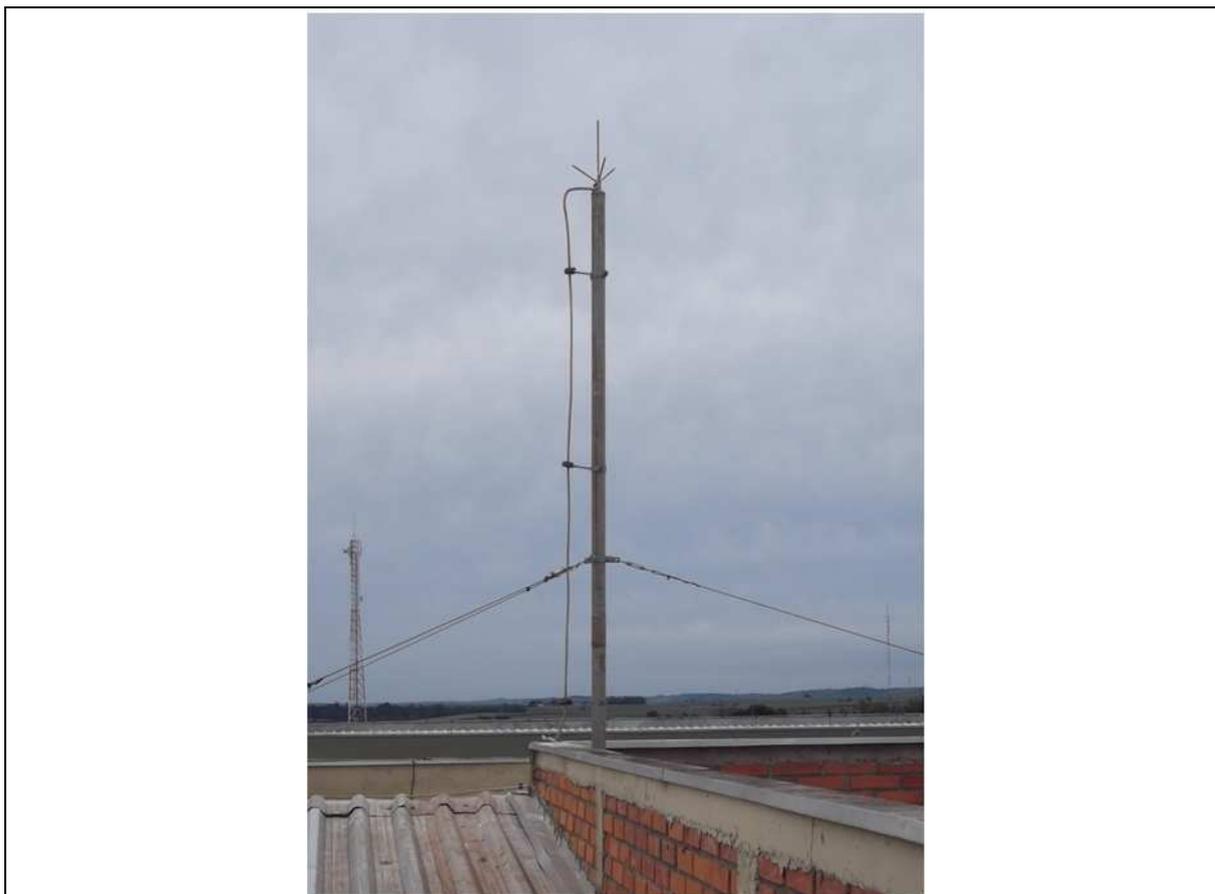


Figura 23 – Bloco L3, captores do tipo Franklin  
Fonte: Autor.

- 22) Apenas os blocos 2 e 17, possuem as descidas de seu SPDA com espaçamento médio de 15 metros (como mostrado na Figura 24) estando de acordo com a norma;

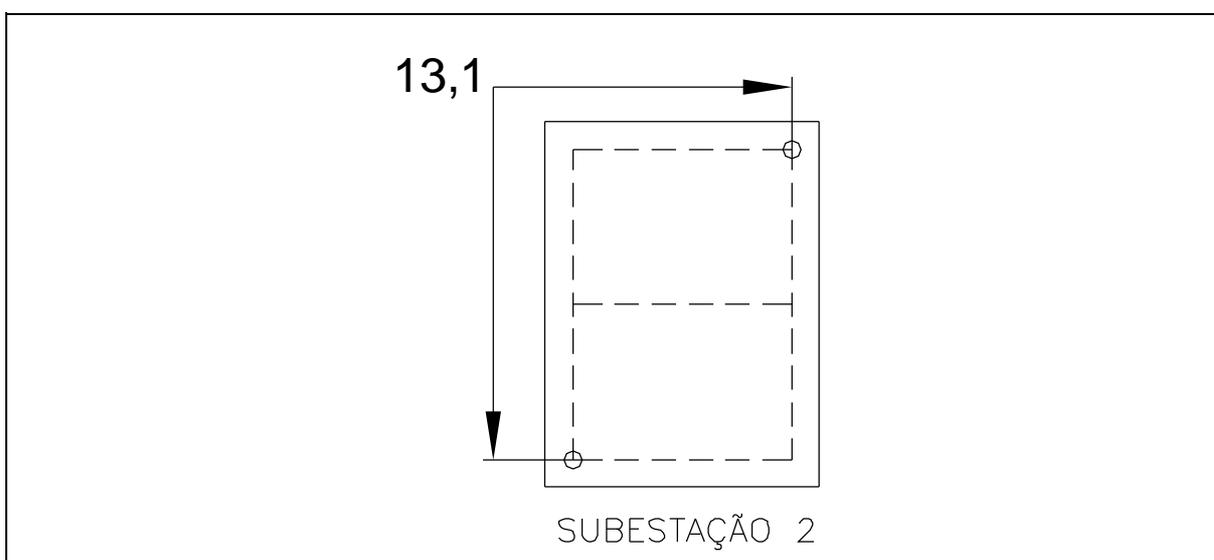


Figura 24 – Subestação, descidas apresentando conformidade no espaçamento  
Fonte: Autor.

- 23) Exceto os dois blocos que não possuem sistema de proteção todos os blocos restantes possuem no mínimo duas descidas;
- 24) A questão se aplica em apenas dois blocos (2 e 20) que não possuem anel de cintamento em seu sistema;
- 25) Em nenhum dos blocos do câmpus caixilhos são utilizados como anéis horizontais;
- 26) A questão não se aplica a nenhum bloco;
- 27) Em apenas um bloco (6) a conformidade é apresentada, nos blocos 13, 15, 16, 17, 18, 19 existe a proximidade em relação às janelas, tornando os blocos não conformes à norma, como pode ser observado na Figura 25. No restante dos blocos, as descidas são do tipo natural, não se aplicando a questão;



**Figura 25 – Bloco L1, subsistema de descida instalado próximo às aberturas**  
**Fonte: Autor.**

- 28) Exceto os blocos que possuem suas descidas instaladas de forma natural (1, 3, 4, 5, 6, 8, 9, 10, 11) e os blocos que não possuem instalação de SPDA (7 e 12) todos os outros blocos apresentam não conformidade no item, com a fixação de seus condutores de descida variando ente 1,20 metros até 2,50 metros, como pode ser verificado na Figura 26, os condutores de descida foram fixados a uma distância de aproximadamente 2,50 metros entre si;



**Figura 26 – Caixa d'água, condutores de descidas fixados a mais de um metro de distância**  
Fonte: Autor.

- 29) A questão não se aplica a nenhum bloco;
- 30) Todos os blocos exceto os que não possuem SPDA apresentam conformidade na seção de seus condutores;
- 31) Os blocos 2, 6, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19 e 20 possuem eletroduto para proteção mecânica, apresentando conformidade. Nos demais blocos a questão não se aplica por o mesmo possuir descida embutida em concreto (descida natural) ou por não possuir sistema instalado;
- 32) A questão não se aplica a nenhum bloco, pois nenhum deles possui eletroduto metálico;
- 33) Os blocos que possuem suas descidas instaladas embutidas em concreto são os blocos 1, 3, 4, 5, 8, 9, 10 e 11. Nos mesmos, não é possível verificar conformidade ou não, pois a construção é antiga, impossibilitando de ver se a amarração está de forma correta, pois já está concretado. A continuidade e a resistência (com valor inferior a 1 ohm) não foram possíveis de serem verificadas, pois os cabos do aterramento estão enterrados, e não se teve autorização para retirar terra para encontrar os cabos, para assim, poder se realizar o teste. Pode-se observar na Figura 27, o condutor sendo direcionado para o interior da construção de concreto armado;



**Figura 27 – Subestação 1, condutor de descida embutido na estrutura de concreto**  
Fonte: Autor.

- 34) Em nenhum dos blocos existe proximidade entre si, ou entre outras instalações;
- 35) Não há registro de reparo ou modificação, o que se pode constatar é que o sistema já passou por reforma, ou manutenção, mas suas conexões não estão em bom estado, firmes e livres de corrosão e não mantem-se de acordo com a situação da entrega;
- 36) Não existem registros de que as instalações foram atingidas e assim como a questão anterior suas conexões não atendem a norma, não estando em bom estado, firmes e livres de corrosão e não mantem-se de acordo com a situação da entrega. Na Figura 28, uma árvore faz com que o subsistema de captor não fique livre, acabando de certa forma com uma certa tensão aplicada pelos galhos da arvore, podendo quebrar as fixações da instalação.



**Figura 28 – Bloco I3, árvore em contato com a instalação**  
Fonte: Autor.

Já na Figura 29(a) e Figura 29(b) os espaçadores estão com suas bases quebradas e tortas, não atendendo a norma, prejudicando a proteção da instalação;



Figura 29 – Bloco I2, espaçador do subsistema de captor com base quebrada (a), e Bloco I4, espaçador do subsistema de captor com base quebrada e outro torto (b)  
Fonte: Autor

- 37) Sem registros de inspeções visuais anuais;
- 38) Sem registros de inspeções completas trienais;
- 39) Não há registros de Relatórios de verificação de necessidade do SPDA e de seleção do respectivo nível de proteção na universidade;
- 40) A entidade possui desenhos em escala mostrando as dimensões, mas os mesmos não possuem detalhamento de materiais e dos componentes do SPDA. Em alguns blocos possui apenas a localização dos captores e descidas.

No geral, a partir das 40 questões aplicadas aos 20 blocos, são fornecidas 800 respostas, aonde 45% estão conforme a norma, 24,125% não estão de acordo com a norma e o 30,875% restantes, são as questões em que o item do *checklist* não se aplica aos blocos estudados da universidade.

Mesmo 45% dos itens estando conforme as exigências da norma, as questões que eles compreendem são questões que não influenciam de maneira significativa para o correto funcionamento do SPDA, como os 24,125% que estão não conformes. Ou seja, todas as respostas conformes a norma dificilmente vão ser negativas, pois os itens são básicos para uma edificação que possui SPDA.

Já as respostas não conforme, são respostas que estão diretamente ligadas a correta proteção proporcionada pelo sistema e também com relação ao acompanhamento de como as instalações estão, como elas vão permanecer após a devida manutenção e por um possível registro de descarga atmosférica na mesma.

Portanto, a questão não estando de acordo o Sistema de Proteção não funcionará corretamente, prejudicando os equipamentos, materiais e pessoas que estiverem na edificação.

## 5 CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

Foi desenvolvido um *checklist* com perguntas baseadas na Norma ABNT NBR-5419/2005, e a partir do mesmo foram realizados estudos detalhados em cada bloco da universidade, aplicando o *checklist* em cada um deles, analisando item por item do sistema de proteção contra descargas atmosféricas obtendo bons resultados.

As maiores não conformidades encontradas se repetem em todos os blocos e por mais que o resultado de conformidades apresentado seja melhor em relação aos itens não conformes, são nesses itens não conformes que encontramos os maiores problemas. São itens como os cabos frouxos, o espaçamento dos módulos das malhas que ultrapassam as medidas exigidas pela norma, o espaçamento médio entre os condutores de descida, e a quantidade necessária deles para cada edificação. Os conectores entre os condutores de descidas e a malha de aterramento que possibilita maior controle, e acompanhamento do funcionamento do sistema de proteção. As proximidades dos condutores de descida as aberturas dos blocos e à instalações metálicas, a fixação dos condutores de descida, e de forma geral a instalação como um todo aonde pode se encontrar não conformidades como espaçadores quebrados, soltos e tortos, galhos de árvores que estão encostando nos sistemas de proteção.

Para solucionar esses problemas sugere-se primeiramente implantar um sistema de manutenção corretiva para readequar as não conformidades apontadas para que estas atendam as exigências da norma.

Outra maneira de acompanhamento das instalações em questão é realizar a implantação de um sistema de manutenção preventiva com base na Norma ABNT NBR-5419/2005. Pode ser utilizado o *checklist* elaborado no presente estudo como ferramenta de trabalho para auxiliar na realização das inspeções e acompanhamentos necessários, sejam visuais ou completos, em todas as instalações, para que as mesmas desempenhem um bom funcionamento e a proteção necessária para cada caso.

O departamento responsável pela manutenção da universidade poderia realizar as vistorias no SPDA de todos os blocos nos meses de janeiro e fevereiro (período de férias).

Estudos futuros, a partir daqui, são indicados e podem ser realizados sobre o restante do sistema que compõe uma instalação de SPDA, ou seja, como todo SPDA possui subsistemas de captor, descidas e aterramento, e os dois primeiros já estão concluídos.

A realização de um estudo sobre o subsistema de aterramento e equipotencialização é fundamental para se obter um completo estudo e maiores resultados sobre todas as instalações da universidade, bem como o risco, ou não, em que as instalações, equipamentos e pessoas estão sujeitos.

## REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR 5419/2005 – Proteção de Estruturas Contra Descargas Atmosféricas**. 32 p. Rio de Janeiro, 2005.

BECCATI FILHO, Tércio; OLIVEIRA, Andréia Cunha de. **Suporte Isolador Helicoidal com Aplicabilidade em SPDA – Sistema de Proteção Contra Descargas Atmosféricas (Para-Raios)**. 2006. 63 f. Trabalho de Diplomação (Tecnologia em Eletrotécnica), Centro de Educação Tecnológica do Paraná, Cornélio Procópio.

CAVALIN, Geraldo; CERVELIN, Severino. **Instalações Elétricas Prediais: Conforme Norma NBR 5410:2004**. 21. ed. rev. e atual. São Paulo: Érica, 2011.

CREDER, Hélio. **Instalações Elétricas**. 15. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2012.

MAEDA, Lúcia Mitie; LEANDRO, Uiliam Vagner. **Análise das Instalações de SDPA em Edifícios Existentes**. 2004. 98 f. Trabalho de Diplomação (Tecnologia em Eletrotécnica) – Centro de Educação Tecnológica do Paraná, Curitiba, 2004.

SILVA, Nivaldo P. da; *et al.* **Análise dos custos causados pelas descargas atmosféricas: um estudo de caso em uma empresa de energia elétrica do sul do Brasil. 4º Encontro de Engenharia e Tecnologia dos Campos Gerais**. Ponta Grossa. Ago. 2008.

MAMEDE FILHO, João. **Instalações Elétricas Industriais**. 8 ed. Rio de Janeiro: LTC, 2012.

NACCARATO, Kleber P. **Análise das Características dos relâmpagos na região Sudeste do Brasil**. 2005. 364 f. Tese (Doutorado em Geofísica Espacial) - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos, 2005.

NISKIER, Julio; MACINTYRE, Joseph M. **Instalações Elétricas**. 6. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2013.

PELEGRINI, Márcio. **Minimanual Compacto de Física - Teoria e Prática**. 1. ed. São Paulo: Rideel, 1999.

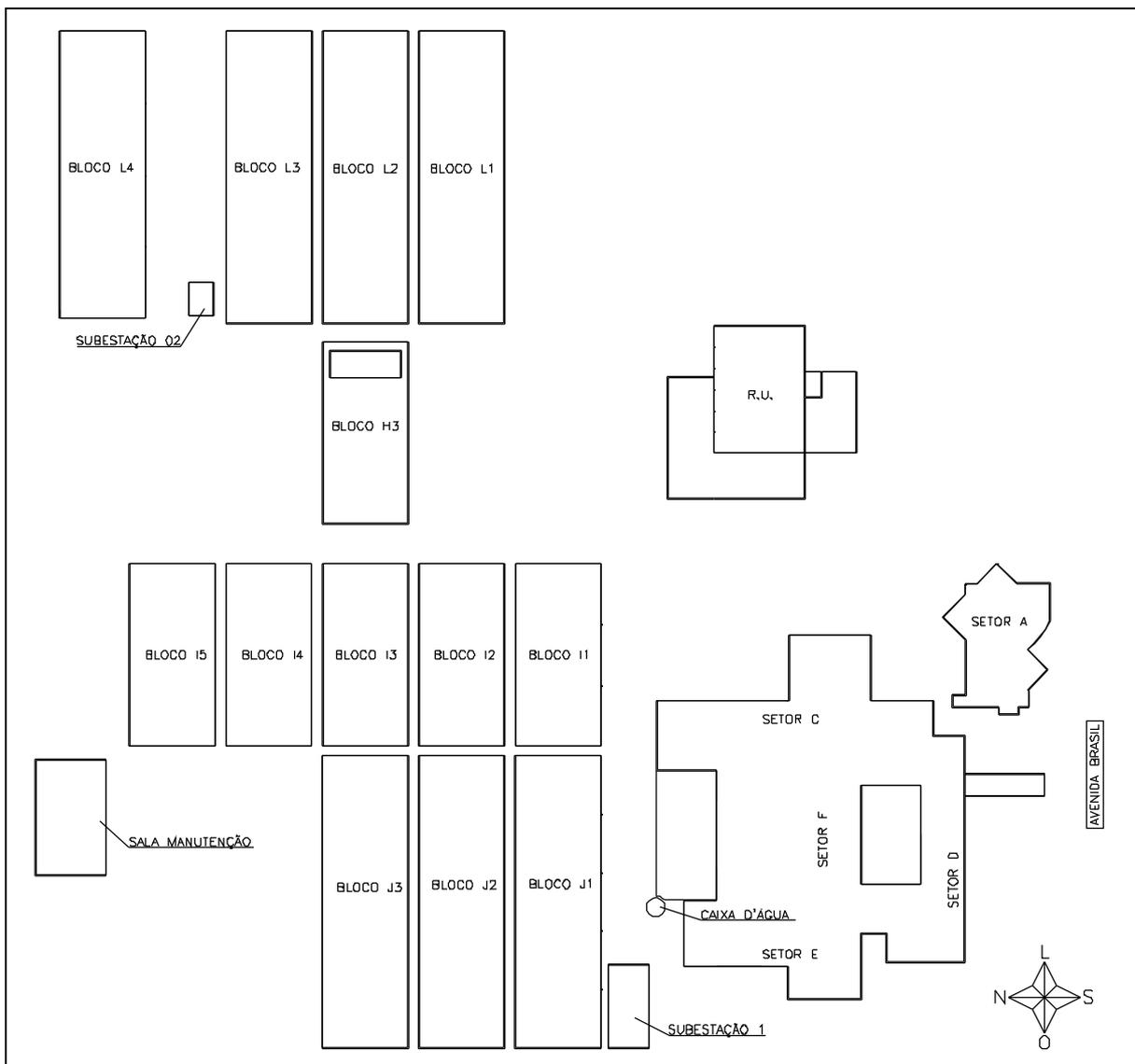
UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO. **Introdução à Eletrostática**. Apostila do Instituto de Física de São Carlos. 13 p. (----?).

Universidade Tecnológica Federal do Paraná - Câmpus Medianeira. **Histório do câmpus Medianeira**. Disponível em: <<http://www.utfpr.edu.br/medianeira/o-campus>>. Acesso em: 25 set. 2014.

VIANA, Ricardo L. **Notas de aula no curso de física**. Curso promovido pela Universidade Federal do Paraná, Setor de Ciências Exatas. Curitiba, ????. Disponível em: <[http://fisica.ufpr.br/viana/fisicab/aulas2/a\\_11.htm](http://fisica.ufpr.br/viana/fisicab/aulas2/a_11.htm)>. Acesso em: 09 out. 2014.

## APÊNDICES

## APÊNDICE A – PLANTA BAIXA COMPLETA DO CAMPUS MEDIANEIRA









## **ANEXOS**

## ANEXO A – EXEMPLOS DE CLASSIFICAÇÃO DE ESTRUTURA

Classificação da Estrutura	Tipo da Estrutura	Efeitos das Descargas Atmosféricas	Nível de Proteção
Estruturas Comuns <sup>1</sup>	Residências	Perfuração da isolação de instalações elétricas, incêndio, e danos materiais Danos normalmente limitados a objetos no ponto de impacto ou no caminho do raio	III
	Fazendas, estabelecimentos agropecuários	Risco direto de incêndio e tensões de passo perigosas Risco indireto devido à interrupção de energia e risco de vida para animais devido à perda de controles eletrônicos, ventilação, suprimento de alimentação e outros	III ou IV <sup>2</sup>
	Teatros, escolas, lojas de departamentos, áreas esportivas e igrejas	Danos às instalações elétricas (por exemplo: iluminação) e possibilidade de pânico Falha do sistema de alarme contra incêndio, causando atraso no socorro	II
	Bancos, companhias de seguro, companhias comerciais e outros	Como acima, além de efeitos indiretos com a perda de comunicações, falhas dos computadores e perda de dados	II
	Hospitais, casas de repouso e prisões	Como para escolas, além de efeitos indiretos para pessoas em tratamento intensivo e dificuldade de resgate de pessoas imobilizadas	II
	Indústrias	Efeitos indiretos conforme o conteúdo das estruturas, variando de danos pequenos a prejuízos inaceitáveis e perda de produção	III
	Museus, locais arqueológicos	Perda de patrimônio cultural insubstituível	II
Estruturas com risco confinado	Estações de telecomunicação, usinas elétricas	Interrupção inaceitável de serviços públicos por breve ou longo período de tempo	I
	Indústrias	Risco indireto para as imediações devido a incêndios, e outros com risco de incêndio	
Estruturas com risco para os arredores	Refinarias, postos de combustível, fábricas de fogos, fábricas de munição	Risco de incêndio e explosão para a instalação e seus arredores	I
Estruturas com risco para o meio ambiente	Indústrias químicas, usinas nucleares, laboratórios bioquímicos	Risco de incêndio e falhas de operação, com consequências perigosas para o local e para o meio ambiente	I

<sup>1</sup> ETI (equipamentos de tecnologia da informação) podem ser instalados em todos os tipos de estruturas, inclusive estruturas comuns. É impraticável a proteção total contra danos causados pelos raios dentro destas estruturas; não obstante, devem ser tomadas medidas (conforme a NBR 5410) de modo a limitar os prejuízos a níveis aceitáveis

<sup>2</sup> Estruturas de madeira: nível III; estruturas nível IV. Estruturas contendo produtos agrícolas potencialmente combustíveis (pós de grãos) sujeitos a explosão são considerados com risco para arredores.

### ANEXO B – TIPO DE OCUPAÇÃO DA ESTRUTURAS (FATOR A)

<b>Tipo de Ocupação</b>	<b>Fator A</b>
Casas e outras estruturas de porte equivalente	0,3
Casas e outras estruturas de porte equivalente com antena externa <sup>1</sup>	0,7
Fábricas, oficinas e laboratórios	1,0
Edifícios de Escritórios, Hotéis e Apartamentos, e outros edifícios residenciais não incluídos abaixo	1,2
Locais de afluência de público (por exemplo: igrejas, pavilhões, teatros, museus, exposições, lojas de departamento, correios, estações e aeroportos, estádios de esportes)	1,3
Escolas hospitalares, creches e outras instituições, estruturas de múltiplas atividades	1,7
1) Para requisitos para instalação de antenas, ver anexo A.	

### ANEXO C – EXEMPLOS DE CONSTRUÇÃO DA ESTRUTURA (FATOR B)

<b>Tipo de Ocupação</b>	<b>Fator B</b>
Estrutura de aço revestida, com cobertura não-metálica <sup>1</sup>	0,2
Estrutura de concreto armado, com cobertura não-metálica	0,4
Estrutura de aço revestida, ou de concreto armado, com cobertura metálica	0,8
Estrutura de alvenaria ou concreto simples, com qualquer cobertura, exceto metálica ou de palha	1,0
Estrutura de madeira, ou revestida de madeira, com qualquer cobertura, exceto metálica ou de palha	1,4
Estrutura de madeira, alvenaria ou concreto simples, com cobertura metálica	1,7
Qualquer estrutura com teto de palha	2,0
1) Estruturas de metal aparente que sejam contínuas até o nível do solo estão excluídas desta tabela, porque requerem apenas um subsistema de aterramento.	

## ANEXO D – CONTEÚDO DA ESTRUTURA E EFEITOS INDIRETOS DAS DESCARGAS ATMOSFÉRICAS (FATOR C)

Conteúdo da estrutura ou efeitos indiretos	Fator C
Residências comuns, edifícios de escritórios, fábricas e oficinas que não contenham objetos de valor ou particularmente suscetíveis a danos	0,3
Estruturas industriais e agrícolas contendo objetos particularmente suscetíveis a danos <sup>1</sup>	0,8
Subestações de energia elétrica, usinas de gás, centrais telefônicas, estações de rádio	1,0
Indústrias estratégicas, monumentos antigos e prédios históricos, museus, galerias de arte e outras estruturas com objetos de valor especial	1,3
Escolas, hospitais, creches e outras instituições, locais de afluência de público	1,7
1) Instalação de alto valor ou materiais vulneráveis a incêndios e às suas consequências.	

## ANEXO E – LOCALIZAÇÃO DA ESTRUTURA (FATOR D)

Localização	Fator D
Estrutura localizada em uma grande área contendo estruturas ou árvores da mesma altura ou mais altas (por exemplo: em grandes cidades ou em florestas)	0,4
Estrutura localizada em uma área contendo poucas estruturas ou árvores de altura similar	1,0
Estrutura completamente isolada, ou que ultrapassa, no mínimo, duas vezes a altura de estruturas ou árvores próximas	2,0

## ANEXO F – TOPOGRAFIA DA REGIÃO (FATOR E)

Topografia	Fator E
Planície	0,3
Elevações Moderadas, colinas	1,0
Montanhas entre 300m e 900m	1,3
Montanhas acima de 900m	1,7