



Universidade Federal de Campina Grande

Centro de Engenharia Elétrica e Informática

Curso de Graduação em Engenharia Elétrica

LAÉCIO TRAJANO DE SALES

ESTÁGIO SUPERVISIONADO

Campina Grande, Paraíba
Fevereiro de 2013

LAÉCIO TRAJANO DE SALES

ESTÁGIO SUPERVISIONADO

*Relatório de Estágio Supervisionado submetido
à Coordenação do curso de Engenharia
Elétrica da Universidade Federal de Campina
Grande como parte dos requisitos necessários
para a obtenção do grau de Engenheiro
Eletricista.*

Área de Concentração: Eletrotécnica

Orientador:

Professor George Rossany Soares de Lira, D. Sc.

Campina Grande, Paraíba
Fevereiro de 2013

LAÉCIO TRAJANO DE SALES

ESTÁGIO SUPERVISIONADO

Relatório de Estágio Supervisionado submetido à
Coordenação do curso de Engenharia Elétrica da
Universidade Federal de Campina Grande como parte dos
requisitos necessários para a obtenção do grau de
Engenheiro Eletricista.

Área de Concentração: Eletrotécnica

Aprovado em / /

Professor Avaliador
Universidade Federal de Campina Grande
Avaliador

Professor George Rossany Soares de Lira, D. Sc.
Universidade Federal de Campina Grande
Orientador, UFCG

AGRADECIMENTOS

Primeiramente, agradeço a Deus pela oportunidade de estar nesse mundo e por todas as graças concedidas ao longo de minha caminhada.

À minha família, em especial aos meus pais Severino dos Ramos e Maria da Guia, e meus irmãos, Wagner Trajano e Ricardo Trajano, pelo amor, incentivo e apoio incondicional necessário para que eu concluísse o curso de Engenharia Elétrica.

Às amizades iniciadas durante o curso que contribuíram para a conclusão do mesmo e que permeará por toda vida, em especial: João Paulo, Bruno, Valdemir, Arthur, Miquéias e Anderson.

A todos aqueles que compõem o Departamento de Engenharia Elétrica, em especial os professores, a quem devo grande respeito e admiração pelos ensinamentos que me proporcionaram tornar um engenheiro eletricitista.

Ao engenheiro Joabe Correia pela prestabilidade no esclarecimento das dúvidas surgidas nas análises de projetos e por todas as explicações e conversas.

Ao Professor George Rossany, por aceitar ser meu orientador nesta fase tão importante para a formação de um bom profissional.

Ao 2º Batalhão de Bombeiros Militar da Paraíba e em particular a todos os integrantes do Centro de Atividades Técnicas pela oportunidade dada e atenção que me deram nos momentos de dúvidas e necessidade que tive durante o estágio.

A todos aqueles que não foram citados, mas que de forma direta ou indireta fizeram parte de minha vida acadêmica.

“Não se constrói uma reputação com o que ainda não foi feito.”

Henry Ford.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Mapa de articulação do Corpo de Bombeiros Militar da Paraíba.	3
Figura 2: Antiga sede do Corpo de Bombeiros de Campina Grande na década de 1980. 4	
Figura 3: Quartel atual do Corpo de Bombeiros de Campina Grande.....	4
Figura 4: Área de atuação do 2º BBM.....	5
Figura 5: Parâmetros e volumes de proteção do SPDA	12
Figura 6: Ângulo de proteção do para-raios	13
Figura 7: Exemplos de captação por gaiola de Faraday	14
Figura 8: Determinação da distância do raio da esfera do modelo eletrogeométrico	14
Figura 9: Sistema de proteção conta descargas atmosféricas em um edifício.....	17
Figura 10: Vistoria realizada em comércio de fogos de artifício.	20
Figura 11: Atividade realizada no setor de projetos.	20
Figura 12: Curso de SPDA realizado no CREA-BA.....	21
Figura 13: Detalhes da conexão e profundidade dos eletrodos de aterramento.	26
Figura 14: Modelo de Laudo técnico de análise de projetos.	30
Figura 15: Captação pelo método Franklin.	31
Figura 16: Malha de captação circundando o perímetro da edificação.	32
Figura 17: Condutores de descida.	32
Figura 18: Caixa de inspeção e aterramento.....	33
Figura 19: Mapa de curvas isocerânicas do Brasil.	37
Figura 20: Delimitação da área de exposição equivalente (Ae)	38

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Integrantes do CAT	6
Tabela 2: Posicionamento de captos conforme o nível de proteção	12
Tabela 3: Comprimento do raio R_e , e corrente de descarga em função do nível de proteção	15
Tabela 4: Espaçamento médio dos condutores de descida não naturais.....	16
Tabela 5: Classificação das estruturas de acordo com nível de proteção	23
Tabela 6: Seções mínimas dos condutores de ligação equipotencial para conduzir parte substancial da corrente de descarga atmosférica	27
Tabela 7: Seções mínimas dos condutores de ligação equipotencial para conduzir uma parte reduzida da corrente de descarga atmosférica	27
Tabela 8: Seções mínimas dos materiais do SPDA.....	27
Tabela 9: Espessuras mínimas dos componentes do SPDA (mm)	28
Tabela 10: Erros comuns na elaboração de projetos SPDA	29
Tabela 11: Fator A: Tipo de ocupação da estrutura.....	38
Tabela 12: Fator B: Tipo de construção da estrutura.....	39
Tabela 13: Fator C: Conteúdo da estrutura e efeitos indiretos das descargas atmosféricas	39
Tabela 14: Fator D: Localização da estrutura.....	40
Tabela 15: Fator E: Topografia da região.....	40

LISTA DE SIGLAS

- ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas
- BBM – Batalhão de Bombeiros Militar
- BBS – Batalhão de Busca e Salvamento
- BS – British Standard
- CAT – Centro de Atividade Técnicas
- CBM – Companhia de Bombeiro Militar
- CBMPB – Corpo de Bombeiros Militar da Paraíba
- CCSv – Companhia de Comando e Serviço
- CONFEA – Conselho Federal de Engenharia, Arquitetura e Agronomia
- CRBM – Companhia Regional de Bombeiro Militar
- CREA – Conselho Regional de Engenharia, Arquitetura e Agronomia
- DAT – Departamento de Atividades Técnicas
- GLP – Gás Liquefeito de Petróleo
- IEC – International Electrotechnical Commission
- NBR – Norma Brasileira Regulamentadora
- NFPA – National Fire Protection Association
- PVC – Polivinila Cloreto
- QCG – Quartel do Comando Geral
- SPDA – Sistemas de Proteção contra Descargas Atmosféricas
- UFMG – Universidade Federal de Campina Grande

SUMÁRIO

1	Introdução	1
1.1	Objetivos do estágio.....	1
2	A instituição.....	2
2.1	O Corpo de Bombeiros na Paraíba	2
2.2	O Corpo de Bombeiros em Campina Grande	3
2.3	O Centro de Atividades Técnicas (CAT) do 2º BBM.....	5
3	Fundamentação Teórica.....	7
3.1	Legislação aplicada pelo CAT do 2º BBM.....	7
3.2	Sistemas de Proteção contra descargas atmosféricas (SPDA).....	9
3.2.1	Normas	9
3.2.2	Avaliação da necessidade de SPDA.....	10
3.2.3	Níveis de Proteção do SPDA	10
3.2.4	Subsistema de captação de um SPDA.....	11
3.2.5	Subsistema de descidas do SPDA	15
3.2.6	Anéis de Equalização ou Cintamento.....	16
3.2.7	Equalização de Potencial Interno	16
3.2.8	Subsistema de Aterramento.....	16
4	O Estágio.....	18
4.1	Atividades desenvolvidas	18
4.1.1	Familiarização com o setor e normas de referência	18
4.1.2	Análise de Projetos SPDA.....	21
4.1.3	Elaboração de Laudo Técnico de projetos	28
4.1.4	Inspeção nas edificações	30
5	Conclusão.....	34
	Referências Bibliográficas.....	35
	ANEXO A – Cursos Realizados.....	36
A.1	Desenhista Copista – CAD	36
A.2	Curso de SPDA.....	36
	ANEXO B – Cálculo para determinação da necessidade de instalação de SPDA	37
	ANEXO C – SPDA Estrutural	41

1 INTRODUÇÃO

Este trabalho tem por objetivo a descrição das atividades desenvolvidas durante o estágio supervisionado, realizado no Centro de Atividades Técnicas (CAT) do 2º Batalhão de Bombeiros Militar da Paraíba (2º BBM) durante o período de **17/09/2012** a **18/01/2013**, sob a supervisão do Engenheiro Civil Joabe Correia Costa, analista de projetos do CAT/2º BBM. O estágio supervisionado é uma disciplina obrigatória da grade curricular do curso de Engenharia Elétrica da Universidade Federal de Campina Grande.

O 2º Batalhão de Bombeiros Militar do Estado da Paraíba (2º BBM), na sua seção especializada, o Centro de Atividades Técnicas (CAT) é responsável por fiscalizar e fazer cumprir as normas de segurança contra incêndio e controle de pânico. Dentre as atividades realizadas pelo CAT/2ºBBM, estão as vistorias técnicas e análise de projetos com o intuito de adequá-los às exigências presentes na Lei Estadual nº 9.625/2011 (Código Estadual de Proteção Contra Incêndio, Explosão e Controle de Pânico) e baseadas nas Normas Brasileiras Regulamentadoras (NBR's) da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT). Inserido neste contexto estão os Sistemas de Proteção contra de Descargas Atmosféricas (SPDA), o qual será o foco principal deste trabalho.

1.1 OBJETIVOS DO ESTÁGIO

Desenvolver atividades relacionadas à análise de projetos de segurança contra incêndio e controle de pânico com ênfase em projetos SPDA baseados na NBR 5419/2005 da ABNT (Proteção de estruturas contra descargas atmosféricas), de forma a garantir o cumprimento dos parâmetros mínimos estabelecidos na legislação do Estado da Paraíba no que diz respeito à segurança das edificações.

2 A INSTITUIÇÃO

Para se falar do Centro de Atividades Técnicas (CAT) do 2º Batalhão de Bombeiros Militar (2º BBM), faz-se necessário uma explanação acerca da Corporação Bombeiro Militar e seu histórico no Estado da Paraíba.

Embora presente em todo Brasil, o Corpo de Bombeiros é uma instituição estadual, sendo o seu comando subordinado às ordens do Governador do Estado. Sendo assim, todos os Estados possuem sua própria corporação, que por sua vez seguem a mesma forma de organização, baseados na hierarquia militar.

2.1 O CORPO DE BOMBEIROS NA PARAÍBA

O Corpo de Bombeiros Militar do Estado da Paraíba (CBMPB) é uma Corporação cuja principal missão consiste na execução de atividades de defesa civil, prevenção e combate a incêndios, buscas, salvamentos e socorros públicos no âmbito do estado da Paraíba. Ele é Força Auxiliar e Reserva do Exército Brasileiro, e integra o Sistema de Segurança Pública e Defesa Social do Brasil. Seus integrantes são denominados Militares dos Estados pela Constituição Federal de 1988, assim como os membros da Polícia Militar do Estado da Paraíba. O Corpo de Bombeiros da Paraíba foi criado em 09 de junho de 1916, com a denominação de Seção de Bombeiros da Força Pública do Estado. Atualmente suas atividades estão definidas pela Lei Estadual de nº 8.444, de 28 de dezembro de 2007 [1].

Sua estrutura operacional encontra-se dividida como é mostrado a seguir e representado na Figura 1:

- Quartel do Comando Geral (QCG), situado na Capital;
- Batalhão de Busca e Salvamento (BBS), situado na Capital;
- 1º Batalhão de Bombeiros Militar (1º BBM), situado na capital.;
- 2º Batalhão de Bombeiros Militar (2º BBM), situado em Campina Grande;
- 3º Batalhão de Bombeiros Militar (3º BBM), situado em Guarabira;

- 4º Batalhão de Bombeiros Militar (4º BBM), situado em Patos;
- 5º Batalhão de Bombeiros Militar (5º BBM), situado em Cajazeiras.



Figura 1: Mapa de articulação do Corpo de Bombeiros Militar da Paraíba [1].

2.2 O CORPO DE BOMBEIROS EM CAMPINA GRANDE

A Lei nº 31, de 10 de novembro de 1947, do Governo do Estado da Paraíba cria uma Seção de Bombeiros em Campina Grande, publicada no Diário Oficial de 11 de novembro de 1947, na Gestão do Governador Osvaldo Trigueiro e Albuquerque Melo.

O Quartel do Corpo de Bombeiros na cidade de Campina Grande foi construído na Gestão do Governador José Américo de Almeida e, teve sua inauguração no dia 5 de setembro de 1953, num prédio anexo ao 2º Batalhão de Polícia Militar, Figura 2. A unidade do Corpo de Bombeiros foi denominada de 2ª Seção de Combate a Incêndio, contava com um efetivo de 31(trinta e um) Bombeiros, tendo como comandante o 2º TEN PM Gumercindo Fernandes de Oliveira [1].



Figura 2: Antiga sede do Corpo de Bombeiros de Campina Grande na década de 1980 [1].

No dia 6 de março de 2006, foi inaugurada a nova instalação do Corpo de Bombeiros na cidade de Campina Grande, localizado à Avenida Almeida Barreto n°. 428, no Bairro de São José, como pode observado na Figura 3.



Figura 3: Quartel atual do Corpo de Bombeiros de Campina Grande

Com advento da Lei N°. 8.444 de 28 de dezembro de 2007, o Corpo de Bombeiros da cidade passou a ter a denominação de 2º Batalhão de Bombeiros Militar; sendo responsável por todas as atividades operacionais nas ações de bombeiro e defesa civil, na sua área de atuação [1].

A estrutura organizacional do Batalhão é composta por: Comando, Companhia Regional de Bombeiro Militar (CRBM), Centro de Atividades Técnicas (CAT), Companhia de Bombeiro Militar (CBM) e Companhia de Comando e Serviço (CCSv);

atualmente conta com um efetivo de 173 (cento e setenta e três) Bombeiros Militares e tem como área de atuação 71 (setenta e um) municípios, abrangendo as regiões do Brejo, Curimataú e Cariri paraibano, como é mostrada na Figura 4.

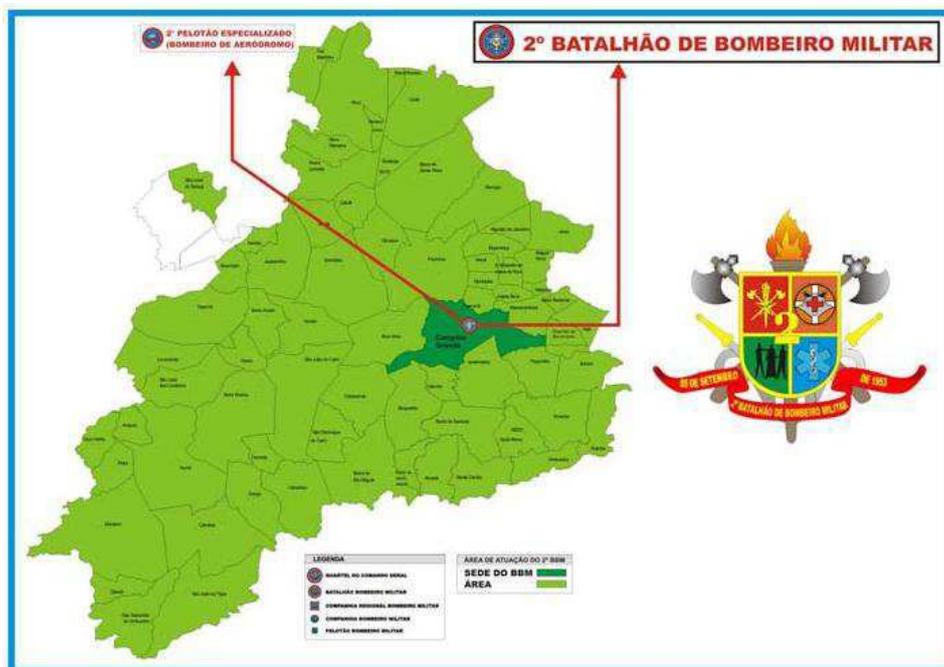


Figura 4: Área de atuação do 2º BBM [1].

2.3 O CENTRO DE ATIVIDADES TÉCNICAS (CAT) DO 2º BBM

O Centro de Atividades Técnicas (CAT) é uma das seções do 2º Batalhão de Bombeiros Militar do Estado da Paraíba, localizado em Campina Grande, na Av. Professor Almeida Barreto, bairro São José, número 428. Atua como o próprio nome diz no desempenho de atividades de caráter técnico, relacionadas à área de segurança, com ênfase na prevenção e combate a incêndio em edificações. Esta seção está ligada ao DAT – Diretoria de Atividades Técnicas, do Comando Geral do Corpo de Bombeiros Militar do Estado da Paraíba, localizado na Capital do Estado.

Em sua estrutura interna, o CAT do 2º BBM é composto por 11 integrantes sendo: 01 Capitão, 02 Tenentes, 01 Subtenente, 01 Sargento, 03 Cabos, 02 Soldados e 01 Engenheiro. As funções de cada componente do setor estão representadas na Tabela 1.

Tabela 1: Integrantes do CAT

Posto ou Graduação	Quantidade	Descrição da atividade
Capitão	01	Chefe do CAT, responsável pela tomada de decisões, funcionamento da seção e atendimento ao público.
Tenente	02	Análise de projetos, vistorias em edificações acima de 750m ² , palestras e atendimento ao público.
Subtenente	01	Vistoriador, responsável pela elaboração de laudos e atendimento ao público.
Sargento	01	Vistoriador, responsável pela elaboração de laudos, digitação de documentos e atendimento ao público.
Cabo	03	Vistoriador, responsável pela elaboração de laudos, digitação de documentos e atendimento ao público.
Soldado	02	Vistoriador, digitação de documentos e atendimento ao público.
Engenheiro	01	Análise de projetos e elaboração de laudos técnicos.

Dentre suas funções, o CAT desempenha o serviço de fiscalização, que aliado aos demais órgãos envolvidos com a segurança no Estado, garantem o cumprimento da legislação referente ao setor, exercendo suas atividades em toda a área de atuação do 2º BBM, com ênfase na Cidade de Campina Grande e tem como finalidade as seguintes atividades:

- Fiscalizar edificações comerciais, residenciais e industriais, no que diz respeito ao cumprimento das normas de prevenção e combate a incêndio e pânico, bem como instruir a população de tais normas;
- Fiscalizar postos de gasolina e revenda de Gás Liquefeito de Petróleo (GLP);
- Fiscalizar a comercialização de fogos de artifícios;
- Fiscalizar estádios de futebol;
- Fiscalizar arquibancadas e camarotes de eventos temporários;
- Fiscalizar toda a rede de hidrantes da área de competência do 2º BBM;
- Análise e aprovação de projetos de Prevenção contra Incêndio e Pânico, Central de Gás (GLP) e Sistemas de Proteção contra Descargas Atmosféricas (SPDA).

3 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

3.1 LEGISLAÇÃO APLICADA PELO CAT DO 2º BBM

Para que fosse possível a realização do trabalho de fiscalização, o Centro de Atividades Técnicas do Corpo de Bombeiros necessitava do amparo legal. No estado da Paraíba, a Lei nº 9.625 de 27 de Dezembro de 2011 (Código Estadual de Proteção Contra Incêndio, Explosão e Controle de Pânico), veio a substituir o Decreto Estadual nº 5.792 de 01 de Janeiro de 1973, que até então era o documento com força de lei que servia de respaldo para que o Corpo de Bombeiros atuasse como órgão fiscalizador.

Em resumo, a Lei nº 9.625/2011 atribui como competência do Corpo de Bombeiros através da Diretoria de Atividades Técnicas na capital do Estado e Centros de Atividades Técnicas no interior do Estado as seguintes atividades [2]:

- I – estudar, analisar, planejar, normatizar, exigir e fiscalizar o cumprimento das disposições legais, assim como todo o serviço de segurança contra incêndio, explosão e controle de pânico;
- II – notificar e multar infratores das normas de segurança contra incêndio;
- III – interditar edificações e áreas que apresentem risco iminente de sinistro;
- IV – apreender materiais e equipamentos, que, por sua procedência ou característica, apresentem risco para a segurança contra incêndio e controle de pânico ou que estejam sendo comercializados sem o credenciamento junto ao CBMPB ;
- V – embargar obras e serviços que estejam em desacordo com as normas de segurança contra incêndio e pânico.

Como forma de consulta e aplicação no que diz respeito à análise de projetos e fiscalização nas edificações, são utilizadas como referência as seguintes Normas Técnicas do CBMPB e Normas Brasileiras Regulamentadoras (NBR's) da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT):

- Norma Técnica Nº 001/2011 CBMPB – Comércio de Fogos de Artifício e Espetáculos Pirotécnicos;
- Norma Técnica Nº 002/2011 CBMPB – Classificação das edificações de acordo com os riscos;
- Norma Técnica Nº 003/2011 CBMPB – Hidrante Urbano;
- Norma Técnica Nº 004/2012 CBMPB – Classificação das edificações quanto à natureza da ocupação, altura e área construída;
- Norma Técnica Nº 005/2013 CBMPB – Segurança relativa a combate a incêndio e controle de pânico nos veículos de shows, palcos de shows e similares;
- NBR 9077/2011 da ABNT – Saídas de emergência em edifícios;
- NBR 10898/1999 da ABNT – Sistema de iluminação de emergência;
- NBR 13435/95 da ABNT – Sinalização de segurança contra incêndio e pânico;
- NBR 12693/2010 da ABNT – Sistemas de proteção por extintores de incêndio;
- NBR 13714/2003 da ABNT – Sistemas de hidrantes e de mangotinhos para combate a incêndio;
- NBR 13523/2012 da ABNT – Central predial de gás liquefeito de petróleo (GLP);
- NBR 5419/2005 da ABNT – Proteção de estruturas contra descargas atmosféricas.

Este trabalho, no entanto, não tem a pretensão de se aprofundar em todas as questões apresentadas com relação à segurança contra incêndio e pânico das edificações. Como será tratado a seguir, seu conteúdo está focado na aplicação e verificação das conformidades de acordo com NBR 5419.

3.2 SISTEMAS DE PROTEÇÃO CONTRA DESCARGAS ATMOSFÉRICAS (SPDA)

As descargas atmosféricas são fenômenos naturais que causam sérias perturbações e danos materiais nas instalações que sejam atingidas por elas, sem contar os riscos de vida a que pessoas e animais ficam submetidas. Quando as descargas atmosféricas entram em contato direto com quaisquer tipos de construção, são registrados grandes danos materiais que poderiam ser evitados caso essas construções estivessem protegidas adequadamente por um Sistema de Proteção Contra Descargas Atmosféricas – SPDA [3].

A grande preocupação mundial pela segurança das instalações tem servido de estímulo para muitos trabalhos técnicos e científicos relacionados à qualidade dos materiais, técnicas construtivas, critérios de segurança, etc. As normas internacionais têm estabelecido uma série de critérios novos nos últimos anos e o Brasil, seguindo a tendência mundial, também acompanha a mesma preocupação [3].

3.2.1 NORMAS

Ao falar em segurança de estruturas contra descargas atmosféricas, destacam-se no campo da Engenharia Elétrica algumas normas internacionais:

- Norma britânica – British Standard – BS 6651 de 1999 (Code of practice for protection of structures against lightning).
- Norma suíça – ASE 4022 de 2008 (Norme de Protection Contre la Foudre).
- Norma norte-americana – National Fire Protection Association – NFPA 780 de 2011 (Standard for the Installation of Lightning Protection Systems).
- Norma internacional – International Electrotechnical Commission – IEC 61024-1-2 de 1998 (Protection of Structures Against Lightning).

Para efeito deste trabalho, a principal norma de referência é a Norma Brasileira - NBR 5419/2005 da ABNT – Proteção de Estruturas Contra Descargas Atmosféricas.

Nela se recolhe uma série de critérios práticos, fruto de um extenso trabalho de discussão sobre experiências de campo no Brasil e no mundo.

A NBR 5419 fixa as condições de projeto, instalação e manutenção de Sistemas de Proteção Contra Descargas Atmosféricas, para proteger as edificações e estruturas, bem como pessoas e equipamentos, em seu aspecto físico, contra a incidência direta dos raios. Em contrapartida, esta Norma não contempla a proteção de pessoas e equipamentos eletro-eletrônicos contra os efeitos indiretos causados pelos raios [4].

3.2.2 AVALIAÇÃO DA NECESSIDADE DE SPDA

Esta Norma apresenta um método para determinar se um SPDA é ou não exigido, e qual o nível de proteção aplicável. Para avaliar objetivamente a necessidade de proteger uma dada estrutura devem ser avaliados os seguintes fatores:

- i. O tipo de ocupação da estrutura (presença de pessoas);
- ii. A natureza de sua construção (estrutura metálica, concreto armado, madeira, alvenaria);
- iii. O conteúdo, ou os efeitos indiretos (inflamável, explosivo, incêndio, perda de vidas ou bens materiais, danos aos prédios vizinhos, etc.);
- iv. A altura da estrutura (presença de prédios mais altos na vizinhança já protegidos);
- v. A topografia da região (plana, morros, encostas, vales, etc.);
- vi. A densidade de raios da região (número de raios por km² e por ano).

3.2.3 NÍVEIS DE PROTEÇÃO DO SPDA

Mesmo com a instalação de um sistema de para-raios, há sempre a possibilidade de falha desse sistema, podendo a edificação protegida, neste caso, sofrer sérios danos ao ser atingido por uma descarga atmosférica. A partir dessa premissa, a NBR 5419/2005 determina quatro diferentes níveis de proteção, com base nos quais devem ser tomadas as decisões de projeto. Esses níveis de proteção estão assim definidos [3]:

- Nível I: é o nível mais severo quanto à perda de patrimônio. Refere-se às construções protegidas, cuja falha no sistema de para-raios pode provocar danos às estruturas adjacentes, tais como as indústrias petroquímicas, de materiais explosivos, etc.
- Nível II: refere-se às construções protegidas, cuja falha no sistema de para-raios pode ocasionar a perda de bens de estimável valor ou provocar pânico aos presentes, porém sem nenhuma consequência para as construções adjacentes. Enquadram-se neste nível os museus, teatros, estádios, companhias comerciais comuns, etc.
- Nível III: refere-se às construções de uso comum, tais como prédios residenciais, lojas de departamento e indústrias de manufaturados simples.
- Nível IV: refere-se às construções onde não é rotineira a presença de pessoas. São feitas de material não-inflamável, sendo o produto armazenado nelas de material não-combustível.

3.2.4 SUBSISTEMA DE CAPTAÇÃO DE UM SPDA

O dimensionamento da rede captora de um sistema de proteção contra descargas atmosféricas vem a ser um problema essencialmente geométrico, uma vez definido o nível de proteção mais adequado. A solução deste problema consiste na identificação da melhor distribuição de elementos captadores pela instalação, usualmente constituídos por mastros metálicos com captadores Franklin, terminais aéreos e cabos nus.

Existem basicamente três métodos de proteção contra descargas atmosféricas, são eles: Método de Franklin, Método de Faraday e Modelo Eletrogeométrico.

3.2.4.1 MÉTODO DE FRANKLIN

Consiste em se determinar o volume de proteção propiciado por um cone, cujo ângulo da geratriz com a vertical varia segundo o nível de proteção desejado e para uma determinada altura da edificação. A Tabela 2 fornece o ângulo máximo de proteção para uma dada altura da edificação e de acordo com o nível de proteção.

Tabela 2: Posicionamento de captores conforme o nível de proteção [4]

Nível de Proteção	h (m) R (m)	Ângulo de proteção (α) – método Franklin, em função da altura do captor (h) (ver Nota 1) e do nível de proteção					Largura do módulo da malha (ver Nota 2)
		0 – 20 m	21 – 30 m	31- 45 m	46 – 60 m	> 60 m	
I	20	25°	1)	1)	1)	2)	5
II	30	35°	25°	1)	1)	2)	10
III	45	45°	35°	25°	1)	2)	10
IV	60	55°	45°	35	25	2)	20

R = raio da esfera rolante.

1) Aplicam-se somente os métodos eletrogeométrico, malha ou da gaiola de Faraday.

2) Aplica-se somente o método da gaiola de Faraday.

NOTAS: 1 - Para escolha do nível de proteção, a altura é em relação ao solo e, para verificação da área protegida, em relação ao plano horizontal a ser protegido.

2 - O módulo da malha deverá constituir um anel fechado, com o comprimento não superior ao dobro da sua largura.

A Figura 5 ilustra os volumes protegidos de acordo com o ângulo de proteção no Método Franklin ou raio da esfera rolante no Modelo Eletrogeométrico, bem como maneira correta de utilização do módulo da malha na Gaiola de Faraday.

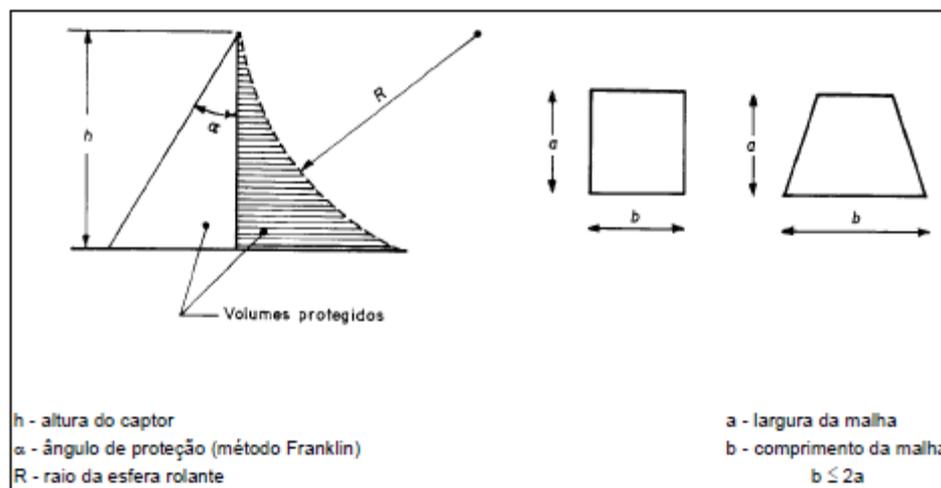


Figura 5: Parâmetros e volumes de proteção do SPDA [4]

Os projetos de instalação de para-raios pelo método de Franklin podem ser elaborados tomando-se a seguinte sequência de cálculo.

a) Zona de proteção

O para-raios deve oferecer uma proteção dada por um cone cujo vértice correspondente à extremidade superior do captor e cuja geratriz faz um ângulo (α) com

a vertical, propiciando um raio de base do cone de valor dado pela Equação (1), como pode ser observado na Figura 6 [3]:

$$R_p = H_c \times \tan(\alpha) \quad (1)$$

em que R_p é o raio da base do cone de proteção [m]; H_c é a altura da extremidade do captor [m]; α é o ângulo de proteção com a vertical [°] dado na Tabela 2.

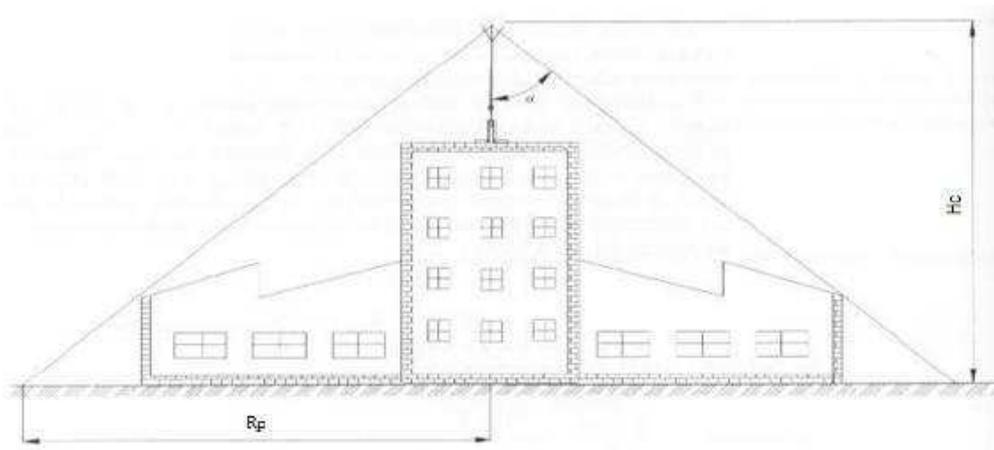


Figura 6: Ângulo de proteção do para-raios [3].

3.2.4.2 MÉTODO GAIOLA DE FARADAY OU MALHA

Neste sistema de proteção, uma rede de condutores, lançada na cobertura e nas laterais da instalação a ser protegida, forma uma blindagem eletrostática, destinada a interceptar os raios incidentes. Os elementos metálicos estruturais, de fachada e de cobertura, podem integrar esta rede de condutores, desde que atendam a requisitos específicos. As vantagens desse método são uma maior eficiência e proteção, e menor impacto estético nas edificações. A Tabela 2 fornece a distância média dos condutores da gaiola de Faraday conforme o nível de proteção, sendo que o comprimento do módulo não deve ser superior ao dobro da sua largura. Na Figura 7 dois exemplos de captação por gaiola de Faraday são representados.

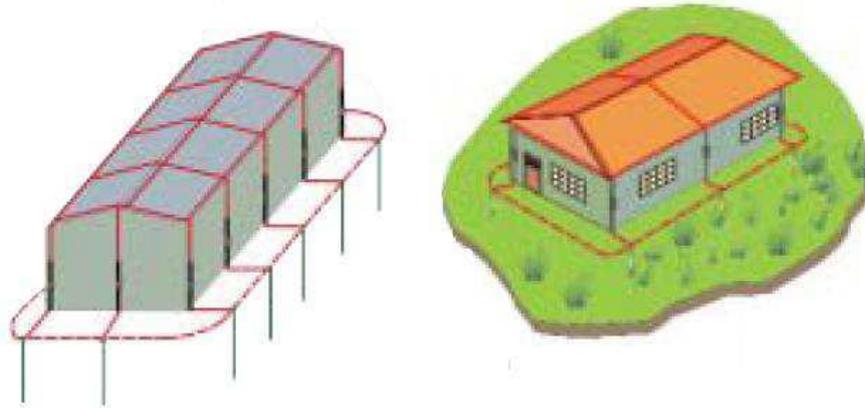


Figura 7: Exemplos de captação por gaiola de Faraday [5].

3.2.4.3 MODELO ELETROGEOMÉTRICO

O modelo eletrogeométrico, também conhecido como esfera rolante se baseia na delimitação do volume de proteção dos captores de um SPDA, podendo ser utilizadas hastes, cabos ou mesmo uma combinação de ambos. É empregado com muita eficiência em estruturas de grande altura ou de formas arquitetônicas complexas.

Com base na conceituação da formação de uma descarga atmosférica, o método eletrogeométrico se fundamenta na premissa de uma esfera de raio R , com o centro localizado na extremidade do líder¹ antes do seu último salto, como pode ser observado na Figura 8.

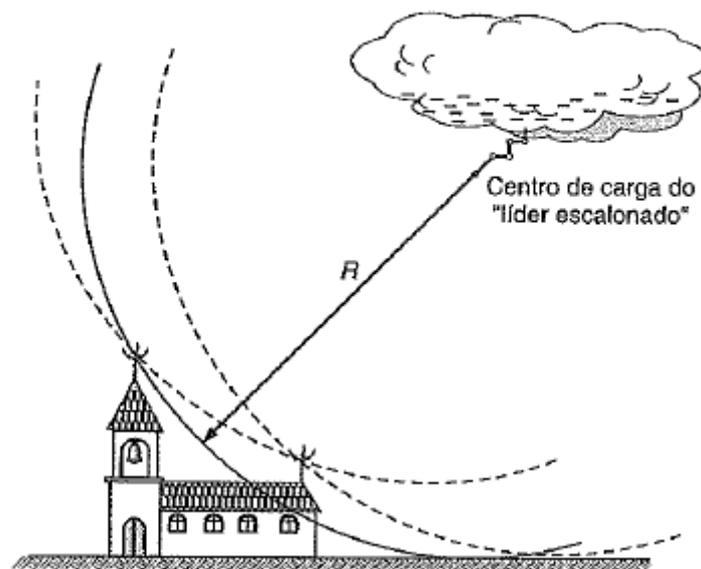


Figura 8: Determinação da distância do raio da esfera do modelo eletrogeométrico [6].

¹ Nas descargas negativas nuvem/terra, que são as mais frequentes, o raio é precedido por um canal ionizado descendente chamado líder [NBR 5419/2005].

Os pontos da superfície da referida esfera são o lugar geométrico que devem ser atingidos por uma descarga. Ao rolar a esfera fictícia sobre o sistema de proteção se delimita a região em que ela não toque, formando assim a zona protegida.

O método da esfera rolante data da década de 80 e constituiu uma evolução do método Franklin. Muito usado para proteção das linhas de transmissão de energia, o método foi simplificado para ser aplicado em edificações, servindo tanto para dimensionar o SPDA quanto para checar a proteção com relação a edificações vizinhas, desníveis e estruturas específicas. Os valores do raio da esfera são limitados em função do nível de proteção desejado, expressos na Tabela 3, e da corrente de descarga atmosférica, $I_{m\acute{a}x}$, em seu valor de crista [6].

Tabela 3: Comprimento do raio R_e , e corrente de descarga em função do nível de proteção [4]

Nível de Proteção	Comprimento do Raio R_e (m)	Valor de crista de $I_{m\acute{a}x}$ (kA)
I	20	3
II	30	5
III	45	10
IV	60	15

3.2.5 SUBSISTEMA DE DESCIDAS DO SPDA

O subsistema de descida é a parte do SPDA destinada a conduzir a corrente de descarga atmosférica desde o subsistema captor até o subsistema de aterramento.

Os condutores de descida devem ser distribuídos ao longo de todo o perímetro da edificação, com um espaçamento máximo em função do nível de proteção desejado conforme a Tabela 4, não se admitindo um número de descidas inferior a 2. O número de condutores de descida pode ser obtido a partir da Equação 2 [3]:

$$N_{cd} = \frac{P_{ed}}{D_{cd}} \quad (2)$$

onde N_{cd} é o número de condutores de descida; P_{ed} é o perímetro da edificação [m]; D_{cd} é a distancia média entre os condutores de descida [m] dada na Tabela 4.

Tabela 4: Espaçamento médio dos condutores de descida não naturais [4]

Nível de Proteção	Espaçamento médio dos condutores (m)
I	10
II	15
III	20
IV	25

3.2.6 ANÉIS DE EQUALIZAÇÃO OU CINTAMENTO

Os anéis de equalização assumem duas importantes funções. A primeira é equalizar os potenciais das descidas minimizando assim o campo elétrico dentro da edificação. A segunda é receber descargas laterais e distribuí-las pelas descidas. Neste caso também deverão ser dimensionadas como captação. Sua instalação deverá ser executada a cada 20 metros de altura interligando todas as descidas.

3.2.7 EQUALIZAÇÃO DE POTENCIAL INTERNO

A equalização de potencial constitui a medida mais eficaz para reduzir os riscos de incêndio, explosão e choques elétricos dentro do volume a proteger.

A equalização de potencial é obtida mediante condutores de ligação equipotencial, eventualmente incluindo dispositivo de proteção contra surtos (DPS), interligando o SPDA, a armadura metálica da estrutura, as instalações metálicas, as massas e os condutores dos sistemas elétricos de potência e de sinal, dentro do volume a proteger.

3.2.8 SUBSISTEMA DE ATERRAMENTO

O subsistema de aterramento é a parte do SPDA destinada a conduzir e a dispersar a corrente de descarga atmosférica na terra. A norma NBR 5419 recomenda a integração dos aterramentos da instalação, o que deve ser feito com as devidas precauções, de modo a evitar as interferências indesejadas entre subsistemas distintos.

De acordo com esta norma é recomendável que a resistência de aterramento seja inferior a 10Ω , sendo previstas duas alternativas básicas de aterramento:

- anel de cabo de cobre nu de bitola mínima de 50 mm^2 , diretamente enterrado no solo, no perímetro da edificação, ou
- ferragem da armadura da fundação, embutida nas estacas e baldrames da edificação.

O concreto completamente seco tem resistividade elétrica muito elevada, mas, quando está embutido no solo, permanece úmido e a sua resistividade torna-se semelhante à do solo circundante. Por esta razão, as armaduras do concreto das fundações, quando bem interligadas, constituem um bom eletrodo de terra.

Para as edificações de concreto armado existentes poderá ser implantado um SPDA com descidas externas ou, opcionalmente, poderão ser utilizadas como descidas as armaduras do concreto. Neste último caso, devem ser realizados testes de continuidade e estes devem resultar em resistências medidas menores que $1,0 \Omega$ [6].

A Figura 9 ilustra um sistema de proteção contra raios em um edifício, detalhando cada subsistema do SPDA.

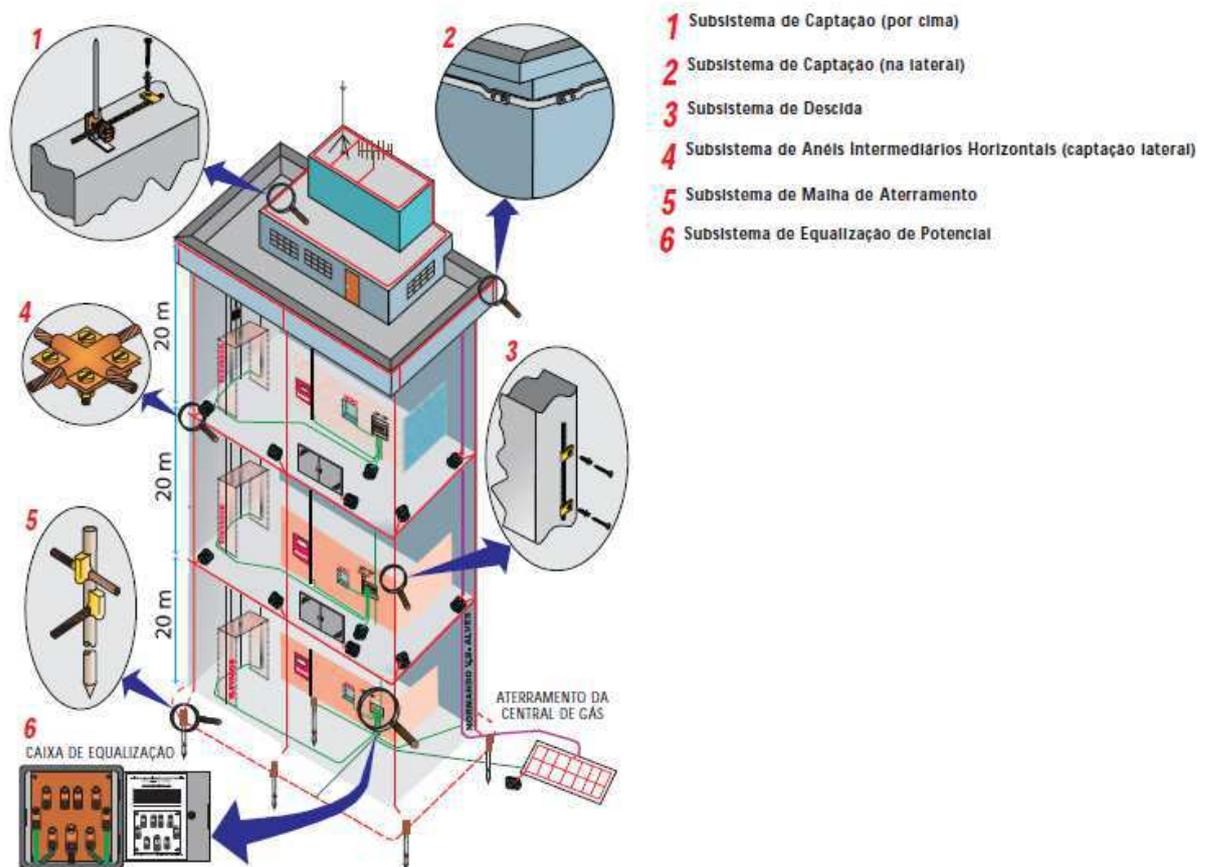


Figura 9: Sistema de proteção contra descargas atmosféricas em um edifício [5].

4 O ESTÁGIO

Nesta seção são descritas as atividades realizadas no período de estágio. Toda a base teórica descrita anteriormente será explicitada nos processos práticos de análise de projetos SPDA, elaboração de laudos técnicos e inspeção nas edificações.

4.1 ATIVIDADES DESENVOLVIDAS

As atividades desenvolvidas podem ser divididas em três partes: a primeira está relacionada à familiarização com o setor e normas utilizadas, a segunda com análise de projetos e elaboração de laudos técnicos e a terceira com a inspeção nas edificações.

4.1.1 FAMILIARIZAÇÃO COM O SETOR E NORMAS DE REFERÊNCIA

Como o autor é integrante do quadro de Soldados da Corporação Bombeiro Militar em Campina Grande, não foi necessário o acompanhamento da rotina de trabalho dos diversos setores da instituição, tendo em vista que este já possuía o conhecimento prévio de como funcionava a Corporação antes do início do estágio. Bastando apenas o acompanhamento e familiarização com Centro de Atividades Técnicas.

O Centro de Atividades Técnicas subdivide-se basicamente em três setores, a saber:

- Setor de Atendimento ao Público;
- Setor de Vistorias;
- Setor de Projetos;

As primeiras semanas do estágio basicamente restringiram-se ao acompanhamento e participação da rotina de trabalho de cada um desses setores do CAT.

4.1.1.1 SETOR DE ATENDIMENTO AO PÚBLICO

Diante da intensa demanda nas atividades do Centro de Atividades Técnicas, uma questão de fundamental importância é o atendimento ao público, visto que todos os processos são feitos através de solicitações que requerem ser protocoladas.

No período inicial do estágio, as atividades desenvolvidas foram referentes ao trabalho com documentação. Inicialmente o acompanhamento de como são realizadas as solicitações de vistorias, solicitações de análise de projetos, recebimento de denúncias, emissão de Certificados de Aprovação, Laudos Técnicos, Ofícios, Termos de Compromisso, Notificações entre outros documentos.

Além da experiência em trabalhar com a parte de emissão e organização da documentação, esta prática possibilitou o conhecimento detalhado das atividades desempenhadas pelo CAT. Além disso, o atendimento ao público também possibilitou o desenvolvimento da habilidade de relacionamento e interação com as pessoas.

4.1.1.2 SETOR DE VISTORIAS

Dentre os serviços oferecidos pelo CAT, as vistorias técnicas são as atividades de maior demanda. Assim, todo o efetivo acaba atuando neste processo. As atividades desempenhadas neste setor são:

- Recebimento das solicitações de vistorias;
- Triagem das solicitações de acordo com a região dentro da cidade de Campina Grande e demais regiões atendidas pela Instituição.
- Distribuição das solicitações com os vistoriadores do CAT;
- Vistoria propriamente dita.

As atividades desenvolvidas neste setor foram o acompanhamento e participação em cada um dos processos citados anteriormente. Em seguida, passou-se a acompanhar os vistoriadores em suas atividades diariamente, observando e participando do processo. Para tanto, fez-se necessário o prévio estudo das leis e normas utilizadas pelo setor, de forma que fosse possível participar da vistoria ativamente e ter o conhecimento necessário para exigir o cumprimento das normas. A Figura 10 ilustra uma das vistorias realizadas durante o período de estágio.

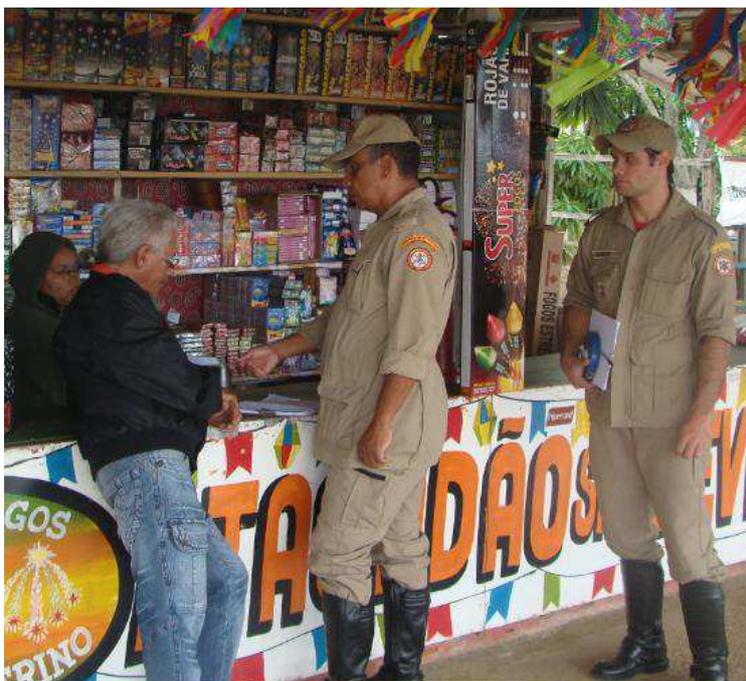


Figura 10: Vistoria realizada em comércio de fogos de artifício.

4.1.1.3 SETOR DE PROJETOS

O setor de projetos do CAT compreende o campo da engenharia propriamente dita dentro da instituição, onde são protocolados continuamente os projetos de Prevenção Contra Incêndio e Pânico, Central de Gás e Sistemas de Proteção Contra Descargas Atmosféricas, para análise técnica e posterior aprovação pela instituição. A Figura 11 ilustra a atividade de análise de projetos realizada no setor de projetos do CAT.

As atividades realizadas neste setor serão descritas na subseção seguinte.



Figura 11: Atividade realizada no setor de projetos.

4.1.2 ANÁLISE DE PROJETOS SPDA

Para não fugir do escopo da Engenharia Elétrica, objetivo principal deste estágio, foi dado prioridade às atividades relacionadas aos Sistemas de Proteção Contra Descargas Atmosféricas.

Inicialmente, fez-se o estudo de referências bibliográficas acerca do assunto, tendo como base principal a NBR 5419/2005 – Proteção de estruturas contra descargas atmosféricas, de modo a obter todo o embasamento teórico e ser capaz de discutir, com propriedade a respeito dos projetos SPDA, com os analistas de projetos do CAT.

Dando prosseguimento a etapa inicial de aprendizado, foi realizado o Curso de Sistemas de Proteção contra Descargas Atmosféricas baseados na NBR 5419/2005 na sede do CREA-BA em Salvador ilustrado na Figura 12, e AutoCAD 2010 no SENAI-PB, listados e detalhados no ANEXO A.



Figura 12: Curso de SPDA realizado no CREA-BA.

O curso realizado no CREA-BA foi bastante oportuno para tirar diversas dúvidas a respeito do assunto, além de aprofundar e massificar ainda mais os conhecimentos sobre SPDA.

Depois de adquirido os conhecimentos teóricos necessários para o desempenho das atividades relacionadas à análise de projetos, foram dados início ao processo de acompanhamento e avaliação dos projetos SPDA com o objetivo de julgá-los Aprovados² ou não pelo corpo técnico da instituição.

² Aprovado significa dizer que o projeto possui todos os requisitos exigidos pela Norma.

A análise de projetos consiste em verificar se os projetos englobam todos os itens e especificações exigidos nas Normas estabelecidas pelo CAT. Para SPDA as especificações contidas na NBR 5419/2005.

A metodologia para análise de SPDA consiste em:

- Avaliação da necessidade de SPDA;
- Avaliação da Seleção do Nível de Proteção;
- Avaliação do Subsistema de Captação;
- Avaliação do Subsistema de Descidas;
- Avaliação da Equalização de Potencial
- Avaliação do Subsistema de Aterramento.
- Especificações dos materiais utilizados

4.1.2.1 AVALIAÇÃO DA NECESSIDADE DE SPDA

A avaliação da necessidade de implantação de SPDA em uma estrutura é feita levando-se em consideração diversos fatores, como:

- Parâmetros da edificação: comprimento, largura e altura;
- Cálculo da área expandida;
- Densidade de descargas para a terra (índice cerâmico);
- Frequência média anual previsível de descargas na estrutura;
- Tipo de ocupação;
- Tipo de construção da estrutura;
- Conteúdo armazenado na estrutura;
- Localização da estrutura;
- Topografia da região.

Os cálculos utilizados na avaliação da necessidade de SPDA para uma estrutura qualquer serão detalhados no Anexo B.

4.1.2.2 AVALIAÇÃO DA SELEÇÃO DO NÍVEL DE PROTEÇÃO

Para a avaliação da seleção do nível de proteção de uma estrutura é levado em consideração a Tabela 5, extraída da NBR 5419/2005, a qual fornece os vários tipos de

estruturas e seus equivalentes níveis de proteção com relação aos efeitos causados pelas descargas atmosféricas. Nota-se que quanto menor o nível de proteção maior é a gravidade dos danos causados na estrutura por um raio.

Tabela 5: Classificação das estruturas de acordo com nível de proteção [4]

Classificação da estrutura	Tipo de estrutura	Efeitos das descargas atmosféricas	Nível de proteção
Estruturas comuns	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
	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, casa 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 Indústrias	Interrupção inaceitável de serviços públicos por breve ou longo período de tempo Risco indireto para as imediações devido a incêndios, e outros com risco de incêndio	I
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 conseqüências perigosas para o local e para o meio ambiente	I

4.1.2.3 AVALIAÇÃO DO SUBSISTEMA DE CAPTAÇÃO

Consiste em avaliar se o subsistema de captação utilizado está de acordo com as especificações da Norma. Levam em consideração os seguintes fatores:

a) **Método de captação utilizado:**

Método Franklin: deve obedecer aos critérios da Tabela 2 e está de acordo com os cálculos da Equação 1.

Método da Gaiola de Faraday: deve obedecer aos critérios da Tabela 2.

Método Eletrogeométrico: deve obedecer aos critérios da Tabela 3.

b) **SPDA isolado:** neste caso a distância entre o subsistema captor e instalações metálicas do volume a proteger deve ser maior que 2 m.

c) **SPDA não isolado:** neste caso o subsistema captor pode ser instalado diretamente sobre o teto ou a uma pequena distância, desde que a corrente de descarga não ofereça qualquer risco à estrutura, para estruturas com altura superior a 10 m, recomenda-se instalar um captor em forma de anel, disposto ao longo de todo o perímetro superior da edificação, o que não exclui a necessidade de outros captos.

d) **Captores naturais:** podem ser utilizados coberturas metálicas, mastros, calhas ou outros condutores salientes na cobertura desde que satisfaçam as especificações de continuidade elétrica e seções mínimas dos materiais.

4.1.2.4 AVALIAÇÃO DO SUBSISTEMA DE DESCIDAS

Consiste em avaliar se o subsistema de descidas está de acordo com as especificações da Norma. Levam em consideração os fatores a seguir.

a) **Condutores de descidas não naturais:** podem ser embutidos no reboco ou fixados na superfície externa da edificação desde que não cause risco de incêndio ou danos ao material da parede, caso contrário deve ser instalado a uma distancia mínima de 10 cm da parede.

b) **Condutores de descidas naturais:** podem ser utilizadas estruturas metálicas de torres, postes e mastros, assim como as armaduras de aço interligadas de estruturas de concreto armado, desde que comprovada a continuidade elétrica das mesmas e suas especificações estejam de acordo com o Anexo C.

c) **Espaçamento entre condutores:** não deve ser inferior a 2 m, devem ser instalados a uma distancia mínima de 0,5 m de portas, janelas e outras

aberturas, devem ser fixados a cada metro de percurso, devem obedecer aos critérios da Tabela 4, além disso, está de acordo com os cálculos da Equação 2.

- d) **Proteção contra danos mecânicos:** os cabos de descida devem ser protegidos contra danos mecânicos até, no mínimo, 2,5 m acima do nível do solo. A proteção deve ser por eletroduto rígido de PVC ou metálico sendo que, neste último caso, o cabo de descida deve ser conectado às extremidades superior e inferior do eletroduto.
- e) **Conexão de medição:** cada condutor de descida (com exceção das descidas naturais ou embutidas) deve ser provido de uma conexão de medição, instalada próxima do ponto de ligação ao eletrodo de aterramento.
- f) **Equalização de potencial externo:** para edificações com altura superior a 20m é prevista a instalação de anéis equalizadores externos a estrutura, interligando todas as descidas, sua instalação deverá ser executada a cada 20m de altura e deverá ser dimensionada como captação já que possui função secundária de receber descargas laterais.

4.1.2.5 AVALIAÇÃO DO SUBSISTEMA DE ATERRAMENTO

Consiste em avaliar se o subsistema de aterramento está de acordo com as especificações da NBR 5419/2005. Levam em consideração os fatores a seguir.

- a) **Eletrodos de aterramento não naturais:** para estruturas com perímetro até 25 m pode ser utilizado um arranjo composto por eletrodos radiais (verticais, horizontais ou inclinados), para estruturas com perímetro superior a 25 m, é obrigatória a utilização de um arranjo composto de eletrodos formando um anel fechado.
- b) **Resistência de aterramento:** recomenda-se para eletrodos não naturais, uma resistência de aproximadamente 10 Ω .
- c) **Eletrodos de aterramento naturais:** podem ser utilizadas as armaduras de aço embutidas nas fundações das estruturas, desde que suas características satisfaçam as prescrições conforme Anexo C.
- d) **Conexões:** para subsistema de aterramento não natural é prevista a conexão entre cada condutor de descida, uma haste de aterramento e o anel de

aterramento a uma profundidade de 0,5 m, conforme pode ser observado na Figura 13.

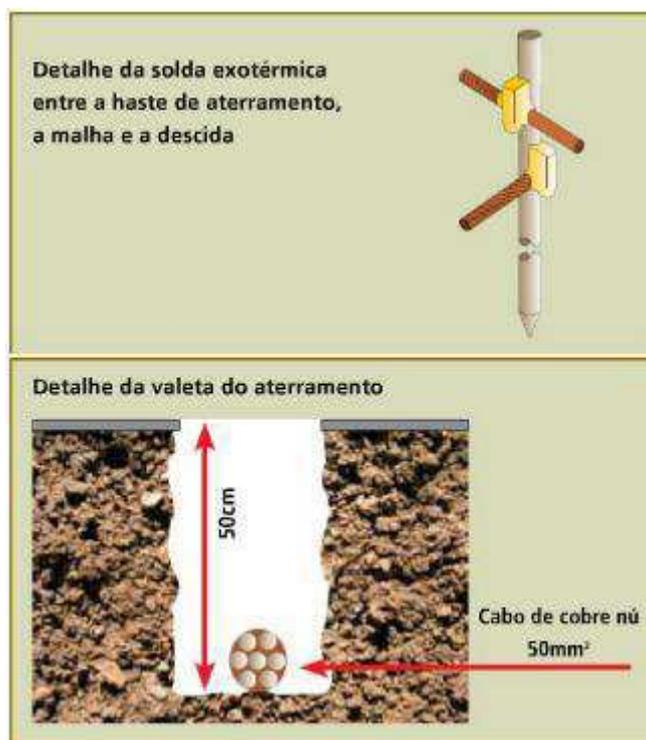


Figura 13: Detalhes da conexão e profundidade dos eletrodos de aterramento [5].

4.1.2.6 AVALIAÇÃO DA EQUALIZAÇÃO DE POTENCIAL INTERNO

A equalização de potencial deve acontecer no nível do solo e dos anéis de cintamento (a cada 20 metros de altura), deverão ser equalizados os aterramentos do neutro da concessionária elétrica e outros terras de eletrônicos, telefonia e de elevadores (inclusive trilhos metálicos), tubulações metálicas de incêndio e gás (inclusive o piso da central de gás quando houver), tubulações metálicas de água, recalque, etc.

Para tal deverá ser definida uma posição estratégica para instalação da caixa de ligação equipotencial principal (LEP) que deverá ser interligada a malha de aterramento, recomenda-se que seja no subsolo ou próximo ao quadro geral de entrada de baixa tensão. A cada 20 metros de altura deverão ser instaladas outras caixas de ligação equipotencial local, conectadas às ferragens estruturais, às massas metálicas existentes e interligadas através de um condutor vertical à caixa de ligação equipotencial principal. Os condutores utilizados nas ligações equipotenciais devem obedecer às especificações das Tabelas 6 e 7.

Tabela 6: Seções mínimas dos condutores de ligação equipotencial para conduzir parte substancial da corrente de descarga atmosférica [4].

Nível de Proteção	Material	Seção mm ²
I-V	Cobre	16
	Alumínio	25
	Aço	50

Tabela 7: Seções mínimas dos condutores de ligação equipotencial para conduzir uma parte reduzida da corrente de descarga atmosférica [4].

Nível de Proteção	Material	Seção mm ²
I-V	Cobre	16
	Alumínio	25
	Aço	50

4.1.2.7 ESPECIFICAÇÕES DE MATERIAIS E DIMENSÕES

Consiste em verificar se os materiais utilizados no SPDA estão de acordo com as especificações da NBR 5419/2005.

Todos os materiais utilizados como captosres, condutores de descidas e eletrodo de aterramento devem satisfazer as prescrições das Tabelas 8 e 9.

Tabela 8: Seções mínimas dos materiais do SPDA [4].

Material	Captosres (mm)			Descidas (mm)	Aterramento (mm)
	NPQ	NPF	PPF		
Aço galvanizado a quente	4,0	2,5	0,5	0,5	4,0
Cobre	5,0	2,5	0,5	0,5	0,5
Alumínio	7,0	2,5	0,5	0,5	-
Aço Inox	4,0	2,5	0,5	0,5	5,0

NPQ – não gera ponto quente NPF – não perfura PPF – pode perfurar

Tabela 9: Espessuras mínimas dos componentes do SPDA (mm) [4].

Material	Captor e anéis intermediários mm ²	Descidas (para estruturas de altura até 20m) mm ²	Descidas (para estruturas de altura superior a 20m) mm ²	Eletrodo de aterramento mm ²
Cobre	35	16	35	50
Alumínio	70	25	70	-
Aço galvanizado a quente ou embutido no concreto	50	50	50	80

Diversos itens são exigidos durante a análise com relação à especificação de materiais, tais como:

- a) O quantitativo de materiais que serão utilizados na instalação do SPDA deverá ser discriminado no projeto
- b) Os riscos de corrosão provocada pelo meio ambiente ou pela junção de metais diferentes devem ser levados em consideração no projeto.
- c) Os captores e condutores de descida devem ser firmemente fixados a estrutura de modo que não ocorra sua ruptura ou desconexão em caso de eventuais esforços mecânicos.
- d) O número de conexões deve ser reduzido tanto quanto possível, e devem ser assegurados por meio de soldagem exotérmica, conectores de pressão ou de compressão, rebites ou parafusos.
- e) As caixas de inspeção devem ser instaladas no caso de haver conexões mecânicas embutidas no solo, salvo quando as conexões forem feitas por meio de solda exotérmica ou conectores de compressão.

4.1.3 ELABORAÇÃO DE LAUDO TÉCNICO DE PROJETOS

A partir das considerações feitas na seção anterior, o projeto será aprovado e receberá o carimbo do Corpo de Bombeiros em três vias de igual teor, para que seja dado prosseguimento na execução do mesmo, desde que atenda todas as exigências contidas na norma. Caso o projeto apresente alguma não conformidade será elaborado um Laudo Técnico de Análise de Projetos, o qual elencará todos os itens que estejam em desacordo com a Norma, de modo que seja providenciada a correção pelo projetista.

Durante o período de estágio foram protocolados 20 projetos para análise pelo Centro de Atividades Técnicas. Nesta oportunidade teve-se 11 projetos Aprovados e 9

projetos Reprovados. A Tabela 10 relaciona os erros mais comuns cometidos pelos projetistas na elaboração de seus projetos.

Tabela 10: Erros comuns na elaboração de projetos SPDA

Captação	Descidas	Aterramento	Diversos
Não definir o método de captação utilizado;	Proteção contra danos mecânicos não inclusos no projeto;	Não especificação da profundidade em que o eletrodo em anel deverá ser instalado;	Não definição do Nível de Proteção;
Ângulo de proteção no método Franklin em desacordo com nível de proteção adotado;	Calculo do número de descidas em desacordo com o nível de proteção adotado;	Utilização de apenas hastes de aterramento quando era prevista a utilização de eletrodos em anel;	Projeto sem memória de calculo;
Não informar a seção mínima dos condutores de captação utilizados;	Não informar a seção mínima dos condutores de descida utilizados;	Não especificação das seções mínimas dos eletrodos utilizados no aterramento	Projeto sem os cálculos da necessidade de SPDA
Ângulo de proteção no método Franklin não protege toda estrutura;	Malha de captação em desacordo com o nível de proteção adotado;		Projeto sem o quantitativo de materiais a serem utilizados;
			Falta da instalação do barramento de equalização de potencial

A Figura 14 ilustra um modelo de Laudo Técnico de Análise de Projetos elaborado pelo Corpo de Bombeiros nas situações em que os projetos incorriam em erros.



**2º BATALHÃO DE BOMBEIROS MILITAR
CENTRO DE ATIVIDADES TÉCNICAS**

Lauda de Análise do Projeto nº 092-12

Objeto da Análise: Projeto de Instalações Preventivas de Proteção Contra Incêndio, Explosão e Controle de Pânico (PIPPCIEConP) da Fundação Assistencial da Paraíba – FAP.
Projeto nº: 092/12, Lv C.
Endereço: Av Drº Francisco Pinto, S/Nº – Bodocongó – Campina Grande-PB.

Após analisar o projeto foram constatadas as seguintes não conformidades no que tange a prevenção e combate a incêndio e pânico, conforme **Lei Estadual nº 9.625/2011 (Código Estadual de Proteção Contra Incêndio, Explosão e Controle de Pânico)** e demais normas em vigor:

1. Inserir as cotas principais nas plantas.
2. Sistema de Proteção contra Descargas Atmosféricas – SPDA (NBR 5419):
 - a. Subistema de captação – corrigir as dimensões da malha de captação;
 - b. Subistema de descidas - atender o número mínimo de descidas do SPDA;
 - c. Subistema de aterramento – deve ser adotado o arranjo B (anel de aterramento);
 - d. Definir a localização das caixas de equalização de potencial.
3. Apresentar quantitativo dos materiais a serem utilizados.

OBSERVAÇÕES:

A correção das não-conformidades acima citadas não implica na pronta aprovação do projeto, podendo ser encontradas outras irregularidades na reanálise do mesmo decorrentes das alterações que vierem a serem introduzidas;

Campina Grande, 20 de dezembro de 2012.

Assinatura do Analista



**GOVERNO
DA PARAIBA**

CORPO DE BOMBEIROS MILITAR DA PARAIBA - 2º BATALHÃO BOMBEIROS MILITAR
 AV. ALMEIDA BARRETO, 1º AND - SÃO JOSÉ, CEP 56.400-228 - CAMPINA GRANDE-PB
 TEL: (53) 3310-8382 / FAX: (53) 3310-8196 - E-MAIL: 2bat@bombeiros.pb.gov.br
 VISITE-NOS: www.bombeirosmilitar.com.br

Página 1 de 1

Figura 14: Modelo de Laudo Técnico de Análise de Projetos.

4.1.4 INSPEÇÃO NAS EDIFICAÇÕES

A inspeção nas edificações cujo projeto foi aprovado pelo Corpo de Bombeiros e posteriormente tenha sido executado, constitui um ponto bastante importante no processo de regularização e cumprimento da legislação relativo à segurança das edificações, pois é nesse momento que se verifica *in loco* o cumprimento de todas as

exigências previstas em projeto. Consistindo em uma atividade de grande importância para o aprendizado do estagiário, tendo em vista que esta possui caráter bastante prático.

De modo geral, o objetivo das inspeções é assegurar que a instalação do SPDA esteja de acordo com o projeto elaborado, além de verificar se todos os componentes do sistema de proteção estão em bom estado, bem como examinar se as conexões e fixações estejam firmes e livres de corrosão.

Durante o período de estágio foram realizadas duas inspeções no Sistema de Proteção Contra Descargas Atmosféricas de edificações na cidade de Campina Grande. As Figuras 14 a 17 ilustram a inspeção realizada nas instalações do *Call Center* – Campina Grande.



Figura 15: Captação pelo método Franklin.



Figura 16: Malha de captação circundando o perímetro da edificação.

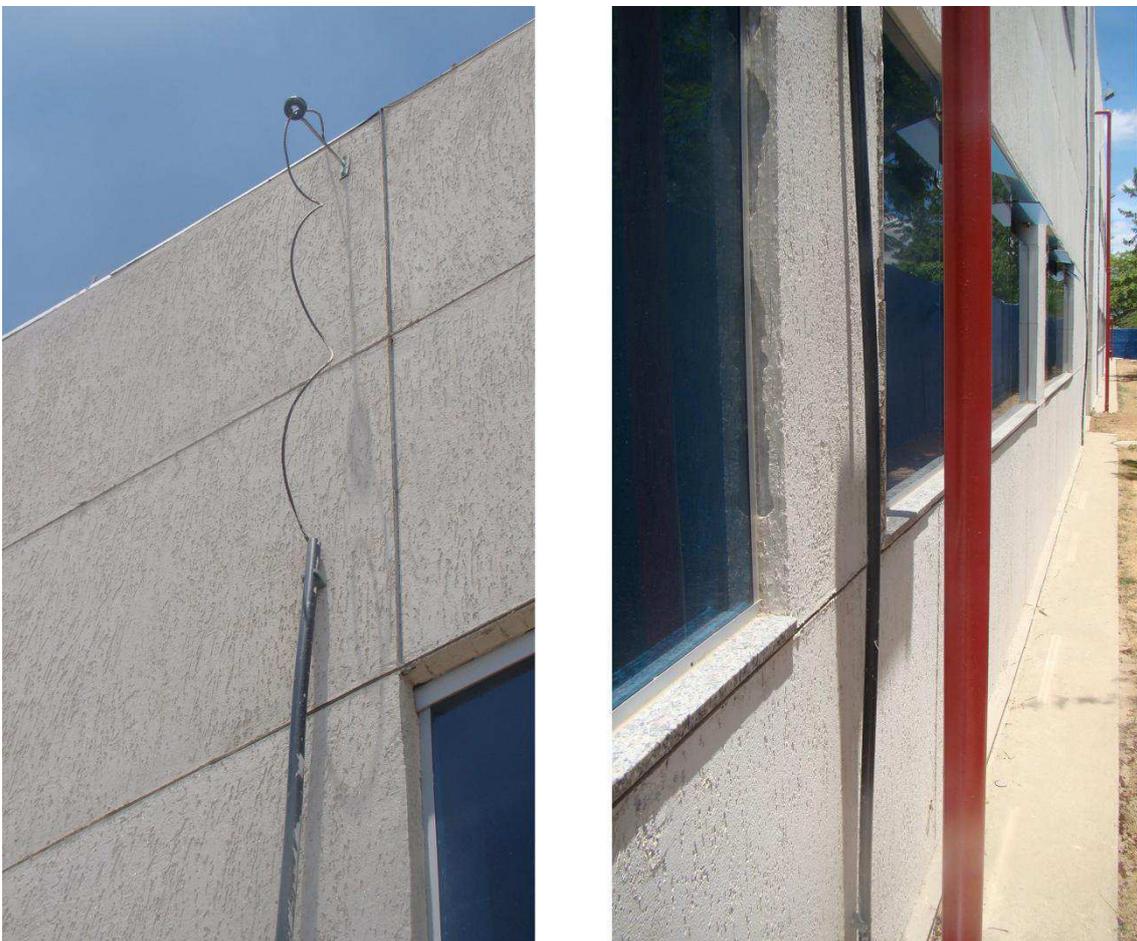


Figura 17: Condutores de descida.



Figura 18: Caixa de inspeção e aterramento.

Durante a inspeção foram verificadas algumas não conformidades como:

- O subsistema de captação foi superdimensionado. No projeto era previsto apenas a instalação de captadores em malha ou gaiola de Faraday, na inspeção foi constatado além da gaiola, captadores tipo Franklin instalados desnecessariamente.
- Alguns condutores de descida estavam frouxos ou muito próximos de janelas e tubulação de incêndio, além de não possuírem conexão de medição, quando deveriam estar firmemente fixados a estrutura e a uma distancia mínima de 0,5 m de portas, janelas e instalações metálicas.
- O anel de aterramento não obedeceu à profundidade mínima exigida em norma que seria de 0,5 m, neste caso apresentou uma profundidade de 0,2 m.
- Outras não conformidades também foram verificadas no projeto de prevenção contra incêndios e pânico.

Neste caso foi estabelecido um prazo de 30 dias para a correção das não conformidades e uma nova inspeção será realizada no fim do prazo estabelecido.

5 CONCLUSÃO

As atividades desempenhadas durante o estágio foram de grande importância, possibilitando a troca de experiências com vários profissionais da área de engenharia, além de permitir um aprendizado ainda maior, tendo em vista que grande parte das atividades desenvolvidas incorria em apontar os erros nos projetos de outrem.

Para um profissional de Engenharia que almeja atuar na área de projetos, um estudo desenvolvido em um órgão público de fiscalização é de grande relevância, possibilitando que este profissional desenvolva sua percepção de que os conceitos e conhecimentos adquiridos devem estar em conformidade com as normas e leis no momento de sua aplicação.

No decorrer do estágio, disciplinas cursadas durante a graduação como Expressão Gráfica, Materiais Elétricos, Técnicas de Alta Tensão e Proteção de Sistemas Elétricos exerceram um papel bastante importante para o bom aproveitamento e desenvolvimento das atividades realizadas.

Fica também como aprendizado a orientação a alguns profissionais da área, quer seja por falta de conhecimento ou até mesmo por falta de ética, em querer desenvolver projetos que não são de sua competência, como definidos pelo Conselho da Categoria – CONFEA/CREA.

Por fim, pode-se perceber que o estágio desempenha papel de grande valia no desenvolvimento de um futuro engenheiro, pois vem agregar tanto informações técnicas como também o aprimoramento da capacidade de relações interpessoais, tão necessário em nossa profissão.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] Bombeiros da Borborema - 2º BBM. Disponível em: <<http://www.bombeirosdaborborema.com.br>>. Acesso em 20 de dezembro de 2012.
- [2] Lei Estadual nº 9.625 - Código Estadual de Proteção contra Incêndio, Explosão e Controle de Pânico. Diário Oficial da Paraíba Nº 14.825 de 28 de Dezembro de 2011. Disponível em: <<http://www.paraiba.pb.gov.br>>. Acesso em 17 de setembro de 2012.
- [3] J. Mamede Filho. Instalações Elétricas Industriais – 7ª Edição, 2006.
- [4] ABNT. **NBR 5419 - Proteção de estruturas contra descargas atmosféricas.** Associação Brasileira de Normas Técnicas. [S.l.]: ABNT. 2005. p. 48.
- [5] PRECOBRE - Sistemas de Proteção contra Descargas Atmosféricas (Pára- Raios). Disponível em: <<http://www.precobre.org.br>>. Acesso em 20 de dezembro de 2012.
- [6] H. Creder. Instalações Elétricas – 15º Edição, 2007.

ANEXO A – CURSOS REALIZADOS

Durante o período de estágio realizado no CAT/2º BBM foram realizados dois cursos, listados e detalhados a seguir.

- Desenhista Copista – CAD;
- Sistemas de Proteção Contra Descargas Atmosféricas – SPDA.

A.1 DESENHISTA COPISTA – CAD

Carga horária: 100h.

Local: SENAI – PB, Campina Grande.

Descrição: O termo CAD (Computer Aided Design – Projeto Auxiliado por Computador) pode ser definido como uma sub-área da Computação Gráfica voltada para a criação e manipulação de desenhos técnicos e projetos. Os sistemas CAD foram desenvolvidos para integrar as área de desenho e engenharia, permitindo flexibilidade na criação e manufatura de produtos aumentando a produtividade com redução de custos. O principal objetivo do curso foi tornar o aluno apto a interpretação de desenhos técnicos e das simbologias utilizadas em projetos.

A.2 CURSO DE SPDA

Carga horária: 16h.

Local: CREA – BA, Salvador.

Descrição: O curso teve como principal referencia a Norma Brasileira Regulamentadora – NBR 5419/2005, de forma a orientar os profissionais da área de engenharia sobre a utilização correta das atuais técnicas de proteção contra descargas atmosféricas em instalações residenciais, comerciais e industriais, proporcionando maior segurança às edificações, equipamentos e à vida.

ANEXO B – CÁLCULO PARA DETERMINAÇÃO DA NECESSIDADE DE INSTALAÇÃO DE SPDA

Antes de tomar uma decisão aleatória sobre a necessidade de instalar um SPDA em determinada estrutura é prudente que se faça uma avaliação geral do risco e calcule os seguintes parâmetros conforme a NRB 5419/2005.

A densidade de descargas atmosféricas para a terra [N_g] é o número de raios para a terra por quilometro quadrado por ano, pode ser estimado pela seguinte equação:

$$N_g = 0,04 \cdot T_d^{1,25} [\text{por } km^2/\text{ano}] \quad (3)$$

onde T_d é o número de dias de trovoadas por ano, obtido de mapas isocerânicos, conforme a Figura 18 [4].



Figura 19: Mapa de curvas isocerânicas do Brasil [4].

A área de exposição equivalente é obtida a partir da seguinte equação:

$$A_e = LW + 2LH + 2WH + \pi H^2 \quad (4)$$

onde A_e é a área de exposição equivalente da estrutura [m^2]; L é o comprimento da estrutura [m]; W é a largura da estrutura [m] e H é a altura da estrutura [m]. Como pode ser observado na Figura 19.

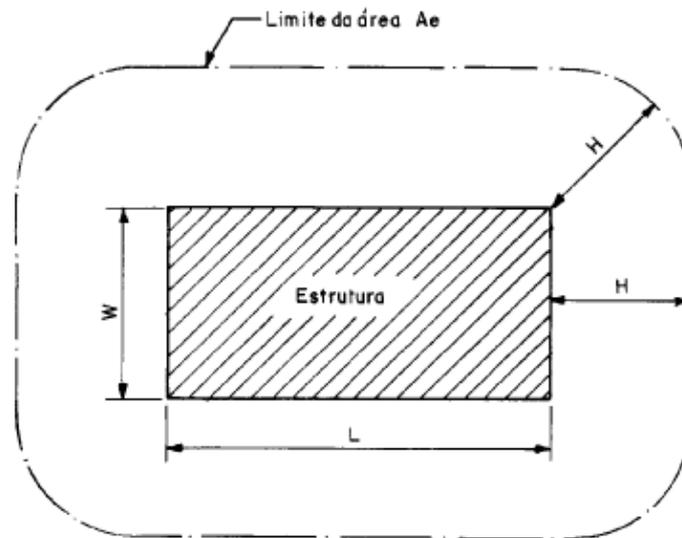


Figura 20: Delimitação da área de exposição equivalente (A_e) [4].

A frequência média anual previsível N_d de descargas atmosféricas sobre uma estrutura é dado por:

$$N_d = N_g \cdot A_e \cdot 10^{-6} \quad (5)$$

Depois de determinado o valor de N_d , que é o número provável de raios que anualmente atingem uma estrutura, o passo seguinte é a aplicação dos fatores de ponderação indicados nas Tabelas 11 a 15.

Tabela 11: Fator A: Tipo de ocupação da estrutura [4].

Tipo de Ocupação	Fator A
Casas e outras estruturas de porte equivalente	0,3
Casas e outras estruturas de porte equivalente com antena externa	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, hospitais, creches e outras instituições, estruturas de múltiplas atividades	1,7

Tabela 12: Fator B: Tipo de construção da estrutura [4].

Tipo de Ocupação	Fator B
Estrutura de aço revestida, com cobertura não-metálica	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

Tabela 13: Fator C: Conteúdo da estrutura e efeitos indiretos das descargas atmosféricas [4].

Tipo de Ocupação	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	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

Tabela 14: Fator D: Localização da estrutura [4].

Tipo de Ocupação	Fator D
Estrutura localizada em uma grande área contendo estruturas ou árvores da mesma altura ou mais altas	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

Tabela 15: Fator E: Topografia da região [4].

Tipo de Ocupação	Fator E
Planície	0,3
Elevações moderadas	0,7
Montanhas entre 300 m e 900 m	1,0
Montanhas acima de 900m	1,2

Aplicando os valores correspondentes das Tabelas 11 a 15 à Equação 4, obtém-se o valor de N_{dc} :

$$N_{dc} = N_a \cdot A \cdot B \cdot C \cdot D \cdot E \quad (4)$$

Obtido o valor de N_{dc} aplica-se o seguinte critério:

- Se $N_{dc} \geq 10^{-3}$, a estrutura requer um SPDA;
- Se $10^{-3} > N_{dc} > 10^{-5}$, a conveniência de um SPDA deve ser tecnicamente justificada e decidida entre projetista e usuário;
- Se $N_{dc} \leq 10^{-5}$, a estrutura dispensa um SPDA.

ANEXO C – SPDA ESTRUTURAL [4]

Uso opcional de ferragem específica em estruturas de concreto armado:

C.1 Como aterramento das fundações

C.1.1 Para as edificações novas, em concreto armado, onde a estrutura ainda não foi iniciada, deve ser instalado um condutor adicional de aço comum ou galvanizado a fogo, dentro da estrutura, de modo a garantir a continuidade desde as fundações até o topo do prédio.

C.1.2 O condutor adicional deverá ser instalado dentro das fundações, atravessar os blocos de fundação e entrar nos pilares de concreto.

C.1.3 Os condutores deverão ser emendados por conectores de aperto, solda exotérmica, desde que executada de forma duradoura, obedecendo (quando amarradas com arame de aço recozido ou conectores) a um trespasse de 20 diâmetros da barra

C.1.4 Em fundação direta (pouco profunda), os condutores adicionais devem ser instalados nas vigas baldrame de modo a melhorar a condição de drenagem e o contato com o solo.

C.2 Como descidas

C.2.1 Em cada pilar estrutural deverá ser instalado um condutor adicional (cabo de aço galvanizado, barra chata ou redonda de aço) paralelamente às barras estruturais e amarradas com arame nos cruzamentos com os estribos para assegurar a equipotencialização.

C.2.2 Nos locais onde haja deslocamento da posição dos pilares, ao mudar de laje, bem como quando houver redução da seção dos pilares, o condutor adicional deverá ser encaminhado de modo a garantir a continuidade elétrica.

C.2.3 Armaduras de aço dos pilares, lajes e vigas devem ter cerca de 50% de seus cruzamentos firmemente amarrados com arame recozido ou soldados. As barras horizontais das vigas externas devem ser soldadas, ou sobrepostas por no mínimo 20 vezes o seu diâmetro, firmemente amarradas com arame recozido, de forma a garantir a equalização de potenciais da estrutura.