



UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ
CAMPUS DE SOBRAL
CURSO DE ENGENHARIA ELÉTRICA

ILDENOR DAVID SALES JÚNIOR

**ESTUDO DE CASO: PROJETO DE COMBATE A INCÊNDIO E PÂNICO EM UM
EDIFÍCIO NA CIDADE DE ITAPIPOCA NO ESTADO DO CEARÁ**

SOBRAL

2018

ILDENOR DAVID SALES JÚNIOR

ESTUDO DE CASO: PROJETO DE COMBATE A INCÊNDIO E PÂNICO EM UM
EDIFÍCIO NA CIDADE DE ITAPIPOCA NO ESTADO DO CEARÁ

Trabalho de Conclusão de Curso submetido à coordenação do Curso de Engenharia Elétrica da Universidade Federal do Ceará *Campus* de Sobral, como requisito parcial à obtenção do grau de Bacharel em Engenharia Elétrica.

Orientador: Prof. Dr. Éber de Castro Diniz.

SOBRAL

2018

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
Universidade Federal do Ceará
Biblioteca Universitária
Gerada automaticamente pelo módulo Catalog, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

- J1e Júnior, Ildenor David Sales.
ESTUDO DE CASO: PROJETO DE COMBATE A INCÊNDIO E PÂNICO EM UM EDIFÍCIO NA
CIDADE DE ITAPIPOCA NO ESTADO DO CEARÁ / Ildenor David Sales Júnior. – 2018.
119 f. : il. color.
- Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) – Universidade Federal do Ceará, Campus de Sobral,
Curso de Engenharia Elétrica, Sobral, 2018.
Orientação: Prof. Dr. Eber de Castro Diniz.
1. PREVENÇÃO DE INCÊNDIO. 2. INSTALAÇÕES PREDIAIS CONTRA INCÊNDIO. 3. DESCARGA
ATMOSFÉRICA. I. Título.

CDD 621.3

ILDENOR DAVID SALES JÚNIOR

ESTUDO DE CASO: PROJETO DE COMBATE A INCÊNDIO E PÂNICO EM UM
EDIFÍCIO NA CIDADE DE ITAPIPOCA NO ESTADO DO CEARÁ

Trabalho de Conclusão de Curso submetido à coordenação do Curso de Engenharia Elétrica da Universidade Federal do Ceará *Campus* de Sobral, como requisito parcial à obtenção do grau de Bacharel em Engenharia Elétrica.

Aprovada em: ___/___/_____.

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Éber de Castro Diniz (Orientador)
Universidade Federal do Ceará (UFC)

Prof. Fernando dos Santos Lima
Universidade Federal do Ceará (UFC)

Lucas Aguiar Sousa
Engenheiro Eletricista

A Deus.

Aos meus pais, Ildenor e Sênia.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus, pela força, proteção e por ter me guiado nesta árdua jornada. A toda a minha família, principalmente meus pais, Ildenor e Sênia, que depositaram confiança e apoio em todos os momentos ao longo da graduação, e também a minha namorada, Yana, que com carinho e compreensão, me ajudou a continuar com empenho durante este trabalho.

Ao meu orientador Éber, que deu todo o suporte para a realização e motivação que passou a mim, desde as primeiras disciplinas do curso. A todo o corpo docente da UFC de Sobral que foram meus professores ou que auxiliaram de algum modo minha formação.

A todos os meus amigos e principalmente ao Felipi, Renan, Thais, Pedrosa, Raul, Aguiar, João, Jean e Pedro pelas madrugadas estudando, mas principalmente pelo companheirismo, amizade e o aprendizado mútuo durante estes anos.

“Deixe o futuro dizer a verdade e avaliar cada um de acordo com seus trabalhos e suas conquistas.”

Nikola Tesla.

RESUMO

O conceito de segurança contra incêndio, por parte da sociedade brasileira, está sofrendo mudanças positivas em decorrência de tragédias acontecidas nas últimas décadas, e está sendo visto como algo crucial para resguardar a vida de pessoas e animais, além da proteção contra os bens materiais. Desta forma, o presente trabalho tem o objetivo de apresentar um projeto de combate a incêndio e pânico de um edifício multifamiliar na cidade de Itapipoca – CE e contribuir com profissionais, através de uma melhor compreensão das normas aplicadas pelo Corpo de Bombeiros Militar do Estado do Ceará, para que estes e as pessoas que estejam ligadas diretamente ao edifício conheçam os procedimentos de segurança em casos de ocorrências de incêndios. O dimensionamento dos sistemas que irão garantir a segurança da edificação foi feito com base nas características da estrutura. O projeto apresenta os sistemas de hidrante, extintores, saídas de emergência, iluminação e sinalização de emergência, sistema de alarme e o sistema de proteção contra descargas atmosféricas. Este trabalho aplica os embasamentos teóricos e práticos para a realização de um projeto de combate a incêndio e pânico, e torna-se uma referência para profissionais que atuam na área.

Palavras-chave: Segurança. Incêndio. Projeto.

ABSTRACT

The concept of fire safety on the part of Brazilian society, is experiencing positive changes as a result of recent tragedies in recent decades and is being seen as something crucial to safeguard the lives of people and animals, as well as the protection against material goods. Thus, the present study aims to present a project firefighting and panic of a multi-family building in the city of Itapipoca-CE and contribute with professionals, through a better understanding of the rules applied by the body of Military firefighters of Ceará state, so that they and the people who are connected directly to the building meet the safety procedures in case of fire occurrences. The dimensioning of the systems that will ensure the security of the building was done based on the characteristics of the structure. The design features the hydrant systems, fire extinguishers, emergency exits, emergency lighting and signage, alarm system and the lightning protection system. This work applies the ramming theory and practice for the realization of a project of firefighting and panic and becomes a reference for professionals working in the area.

Keywords: Security. Fire. Project.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Triângulo do fogo	20
Figura 2 - Notas sobre os índices aplicados à tabela de exigências mínimas para edificações com área inferior ou igual a 750 m ²	24
Figura 3 - Bico de Sprinkler	28
Figura 4 - Escada enclausurada protegida	29
Figura 5 - Altura e largura do degrau	31
Figura 6 - Lanços e comprimento do patamar.....	31
Figura 7 - Dimensões de corrimãos e guardas.....	32
Figura 8 - Hidrante de Recalque no passeio.....	36
Figura 9 - Fluxograma de gerenciamento dos riscos e necessidade de instalação de SPDA .	60
Figura 10 - Cone de proteção	77
Figura 11 - Ângulo de proteção.....	77
Figura 12 - Método da esfera rolante.....	78
Figura 13 - Raio de proteção formado por eletrodos de acordo com a resistividade do solo e classe de SPDA.....	81
Figura 14 - Fluxograma de esquemas de conexão do DPS	85

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Classificação e exigências em edificações e áreas de risco quanto à ocupação	22
Tabela 2 - Classificação das Edificações quanto à altura.....	23
Tabela 3 - Classificação das Edificações quanto à carga de incêndio.....	23
Tabela 4 - Requisitos mínimos para edificações com área menor ou igual a 750 m ²	23
Tabela 5 - Exigências mínimas para edificações do Grupo A com área maior que 750 m ²	24
Tabela 6 - Classificação das estruturas quanto às características construtivas.....	25
Tabela 7 - Dimensionamento de população e capacidade de passagem nas saídas e acessos..	26
Tabela 8 - Distâncias máximas a serem percorridas.....	27
Tabela 9 - Número mínimo de saídas e tipos de escada de emergência.....	28
Tabela 10 - Distribuição dos aparelhos extintores conforme risco, área e distância percorrida	35
Tabela 11 - Tipos de sistemas de hidrantes	38
Tabela 12 - Volume mínimo da RTI	39
Tabela 13 - Obrigatoriedade de componentes para hidrantes simples	39
Tabela 14 - Comprimentos equivalentes a perdas localizadas	41
Tabela 15 - Fator "C" de Hazen-Williams.....	42
Tabela 16 - Sinalização de Proibição	47
Tabela 17 - Sinalização de alerta.....	48
Tabela 18 - Sinalização de orientação e salvamento	50
Tabela 19 - Sinalização de equipamentos.....	52
Tabela 20 - Simbologia para obstáculos.....	53
Tabela 21 - Dimensionamento mínimo de placas de sinalização.....	54
Tabela 22 - Fontes de dano, tipos de dano e tipos de perdas de acordo com o local de impacto	56
Tabela 23 - Valores de risco toleráveis	57
Tabela 24 - Fator de localização C _D	62
Tabela 25 - Fator tipo de linha C _T	63
Tabela 26 - Fator de instalação da linha C _I	64
Tabela 27 - Fator ambiental C _E	64
Tabela 28 - Valores de P _{TA}	65
Tabela 29 - Valores de P _B	66

Tabela 30 - Valores de P_{SPD}	66
Tabela 31 - Valores de C_{LD} e C_{LI}	67
Tabela 32 - Valores de K_{S3}	68
Tabela 33 - Valores de P_{TU}	69
Tabela 34 - Valores de P_{EB}	69
Tabela 35 - Valores de P_{LD}	70
Tabela 36 - Valores de P_{LI}	71
Tabela 37 - Valores de L_T , L_F e L_O de acordo com os tipos de dano	72
Tabela 38 - Valor para o fator r_t	73
Tabela 39 - Valores para o fator r_p	73
Tabela 40 - Valores para o fator r_f de acordo com o risco e com a quantidade de risco na edificação.....	73
Tabela 41 - Valores de h_z de acordo com o tipo de perigo.....	74
Tabela 42 - Valores de L_F e L_O	74
Tabela 43 - Valores de L_T , L_F e L_O para o tipo de perda $L4$	75
Tabela 44 - Raio da esfera rolante	78
Tabela 45 - Afastamento máximo de condutores em malha	79
Tabela 46 - Espessuras mínimas para componentes naturais	80
Tabela 47 - Distâncias entre condutores de descida	80
Tabela 48 - Materiais e suas áreas de seção mínima	83
Tabela 49 - Materiais e suas características para o subsistema de aterramento	84
Tabela 50 - Distribuição dos aparelhos extintores.....	90
Tabela 51 - Comprimento total das tubulações	92
Tabela 52 - Sinalização de emergência utilizada.....	96

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	17
1.1	Objetivos	19
1.2	Estrutura do Trabalho	19
2	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	20
2.1	Conceitos Básicos	20
2.1.1	<i>Conceito de fogo</i>	20
2.1.2	<i>Formas de transmissão de calor</i>	21
2.1.3	<i>Métodos de extinção do fogo</i>	21
2.2	Classificação das edificações e áreas de risco e suas exigências mínimas	22
2.3	Cálculo da população	25
2.4	Saídas de emergência	27
2.4.1	<i>Distancias máximas a serem percorridas</i>	27
2.4.2	<i>Número mínimo de saídas de emergência</i>	28
2.4.3	<i>Cálculo do vão de saída</i>	29
2.4.4	<i>Escadas</i>	30
2.5	Iluminação de Emergência	32
2.6	Aparelhos Extintores	33
2.6.1	<i>Classes de incêndios e tipos de extintores</i>	33
2.6.2	<i>Capacidade Extintora</i>	34
2.6.3	<i>Distribuição e instalação dos aparelhos extintores</i>	34
2.7	Hidrantes e Canalização preventiva	35
2.7.1	<i>Partes do sistema</i>	36
2.7.2	<i>Dimensionamento do sistema</i>	38
2.7.3	Cálculo hidráulico	39
2.7.3.1	<i>Conceito de vazão e pressão</i>	39
2.7.3.2	<i>Perdas de carga em tubulações</i>	40
2.7.3.3	<i>Equações para cálculo hidráulico</i>	41
2.7.3.4	<i>Cálculo da bomba de incêndio</i>	43
2.8	Sistema de detecção e alarme	44
2.8.1	<i>Sistema com acionamento manual</i>	44
2.8.2	<i>Sistema com acionamento automático</i>	45

2.9	Sinalização de emergência	46
2.9.1	<i>Sinalização de proibição</i>	47
2.9.2	<i>Sinalização de alerta</i>	48
2.9.4	<i>Sinalização de equipamentos de combate a incêndio e alarme</i>	51
2.9.5	<i>Dimensões das placas de sinalização</i>	54
2.10	Brigada de incêndio	54
2.11	Sistema de Proteção contra Descargas Atmosféricas (SPDA)	55
2.11.1	<i>Danos gerados por descargas atmosféricas</i>	55
2.11.2	<i>Necessidade de proteção</i>	57
2.11.3	<i>Componentes de risco</i>	57
2.11.4	<i>Fluxograma de gerenciamento de risco</i>	59
2.11.5	<i>Análise de componentes de risco</i>	60
2.11.5.1	<i>Análise das componentes de risco para fonte de danos S1</i>	60
2.11.5.2	<i>Análise das componentes de risco para fonte de danos S2</i>	61
2.11.5.3	<i>Análise das componentes de risco para fonte de danos S3</i>	61
2.11.5.4	<i>Análise das componentes de risco para fonte de danos S4</i>	61
2.11.6	<i>Análise do número médio anual de eventos perigosos N_D devido a raios na estrutura e N_{DJ} para estruturas adjacentes</i>	62
2.11.7	<i>Análise do número médio anual de eventos perigosos N_M devido a raios perto da estrutura</i>	63
2.11.8	<i>Análise do número médio anual de eventos perigosos N_L devido a raios diretamente na linha</i>	63
2.11.9	<i>Análise do número médio anual de eventos perigosos N_I devido a raios próximos à linha</i>	64
2.11.10	<i>Análise da probabilidade P_X de danos</i>	65
2.11.10.1	<i>Probabilidade P_A</i>	65
2.11.10.2	<i>Probabilidade P_C</i>	66
2.11.10.3	<i>Probabilidade P_M</i>	67
2.11.10.4	<i>Probabilidade P_U</i>	68
2.11.10.5	<i>Probabilidade P_V</i>	70
2.11.10.6	<i>Probabilidade P_W</i>	70
2.11.10.7	<i>Probabilidade P_Z</i>	70
2.11.11	<i>Análise de quantidade de perda L_X</i>	71
2.11.11.1	<i>Tipo de perda L_1 (perda de vida humana)</i>	71

2.11.11.2	<i>Tipo de perda L2 (perda de serviços ao público)</i>	74
2.11.11.3	<i>Tipo de perda L3 (perda de patrimônio cultural)</i>	75
2.11.11.4	<i>Tipo de perda L4 (perda econômica)</i>	75
2.11.12	<i>Subsistema de captação</i>	76
2.11.12.1	<i>Método do ângulo de proteção (Método de Franklin)</i>	76
2.11.12.2	<i>Método da esfera rolante</i>	78
2.11.12.3	<i>Método da gaiola de Faraday (método das malhas)</i>	79
2.11.12.4	<i>Componentes naturais</i>	79
2.11.13	<i>Subsistema de descida</i>	80
2.11.14	<i>Subsistema de aterramento</i>	80
2.11.14.1	<i>Componentes e fixação do aterramento</i>	82
2.11.15	<i>Materiais e dimensões</i>	83
2.11.16	<i>Dispositivos de Proteção contra Surtos</i>	84
2.11.16.1	<i>Seleção do DPS</i>	86
3	ESTUDO DE CASO: PROJETO DE COMBATE A INCÊNDIO E PÂNICO DE UM EDIFÍCIO MULTIFAMILIAR	87
3.1	Características da Edificação	87
3.2	Classificação da Edificação e Requisitos Mínimos de Projeto	87
3.3	Dimensionamento das Saídas de Emergência	88
3.3.1	<i>Cálculo da população</i>	88
3.3.2	<i>Dimensões das Saídas de Emergência</i>	88
3.4	Iluminação de Emergência	89
3.5	Aparelhos Extintores	90
3.6	Dimensionamento do Sistema de Hidrantes	91
3.6.1	<i>Cálculo Hidráulico</i>	91
3.7	Sistema de Alarme	94
3.7.1	<i>Características Técnicas</i>	95
3.8	Sinalização de emergência	95
3.9	Sistema de Proteção contra Descargas Atmosféricas	97
3.9.1	<i>Análise do Número Anual N de eventos perigosos</i>	97
3.9.1.1	<i>Análise dos Números N_D e N_{DJ}</i>	97
3.9.1.2	<i>Análise do Número N_M</i>	98
3.9.1.3	<i>Análise do Número N_L</i>	98
3.9.1.4	<i>Análise do Número N_I</i>	99

3.9.2	Análise da probabilidade P_X de danos	99
3.9.2.1	Análise da probabilidade P_A	99
3.9.2.2	Análise da probabilidade P_B	99
3.9.2.3	Análise da probabilidade P_C	100
3.9.2.4	Análise da probabilidade P_M	100
3.9.2.5	Análise da probabilidade P_U	100
3.9.2.6	Análise da probabilidade P_V	101
3.9.2.7	Análise da probabilidade P_W	101
3.9.2.8	Análise da probabilidade P_Z	101
3.9.3	Análise de quantidade de perda L_X	102
3.9.3.1	Perda de vida humana (L_1)	102
3.9.3.2	Perda de serviço ao público (L_2)	103
3.9.3.3	Perda inaceitável de patrimônio cultural (L_3).....	103
3.9.3.4	Perda econômica (L_4)	103
3.9.4	Análise dos riscos R_X	103
3.9.4.1	Risco – R_1	103
3.9.5	Determinação da classe do SPDA	104
3.9.6	Subsistema de captação	105
3.9.6.1	Método do ângulo de proteção	105
3.9.6.2	Método de malha (gaiola de Faraday).....	105
3.9.6.3	Método da esfera rolante	105
3.9.6.4	Método utilizado	106
3.9.7	Subsistema de descida	106
3.9.8	Subsistema de aterramento	107
4	CONSIDERAÇÕES FINAIS	109
	REFERÊNCIAS	110
	APÊNDICE A - PLANTA BAIXA DO PAVIMENTO TÉRREO	113
	APÊNDICE B - PLANTA BAIXA DOS PAVIMENTOS 2, 3 E 4	114
	APÊNDICE C - PLANTA DE COBERTA E DETALHES	115
	APÊNDICE D - HIDRANTES E BOMBAS	116
	APÊNDICE E - DETALHES DO CAPTOR E CAIXAS DE INCÊNDIO	117
	APÊNDICE F - DETALHES DE EXTINTORES E SINALIZAÇÃO	118
	APÊNDICE G - DETALHES DO SUBSISTEMA DE DESCIDA DO SPDA, ATERRAMENTO E ILUMINAÇÃO DE EMERGÊNCIA	119

1 INTRODUÇÃO

Com a necessidade de proteger bens materiais e pessoas, providências foram tomadas para minimizar e combater incêndios (sinistros). Vários acidentes aconteceram no Brasil que culminaram na busca por melhorias para a implantação dos sistemas de proteção e combate a incêndio, fazendo perceber que somente após grandes desastres, a segurança foi vista com mais importância.

No Brasil, o primeiro acidente envolvendo prédios elevados, ocorreu no edifício Andraus em fevereiro de 1972 tendo como consequência 16 mortos e 336 feridos, no prédio não existia escada de segurança, apesar disso muitas pessoas foram salvas por helicóptero no terraço do edifício. Um dos acidentes mais impactantes no Brasil foi o no edifício Joelma, em 1º de fevereiro de 1974, no qual a ausência de escada de segurança e a ineficiência do funcionamento de outros sistemas para controle do fogo e do pânico resultou em 179 mortos e 320 feridos. Este acidente somado ao do edifício Andraus que ocorreu dois anos antes, ambos em São Paulo, fez surgir uma preocupação com o assunto e assim iniciaram o processo de reformulação das medidas de segurança contra incêndios (SEITO, 2008). Recentemente, um sinistro acontecido no Rio Grande do Sul, na Boate *Kiss*, havendo vários mortos e feridos reforçou a importância da reformulação das normas e assim somaram duas Leis Complementares para o Estado.

A criação de leis e o maior rigor na fiscalização foram resultados destes acontecimentos descritos acima, que desde então, até a década de 1960, o corpo de bombeiros apenas exigia a instalação de extintores e hidrantes nos prédios. Após os vários casos de incêndios, no ano de 1978, a Norma Regulamentadora número 23 foi criada e dando obrigatoriedade de sua utilização em locais com qualquer relação trabalhista e exigindo que estes locais portassem de sistemas de segurança, como saídas de emergência, extintores, escadas enclausuradas, equipamentos de respostas a incêndios e pessoas com conhecimento para operar tais equipamentos. No detalhamento da NR – 23 (Norma Regulamentadora 23), determina o dimensionamento de saídas, escadas e também o sistema de hidrantes (SEITO, 2008), porém sempre especificando que seja verificado as Normas Técnicas (NT) do Corpo de Bombeiros de cada Estado Federativo, já que cada um destes divulga seus próprios regulamentos.

O Corpo de Bombeiros Militar do Estado do Ceará (CBMCE) exige a apresentação do Projeto de Segurança contra Incêndio e Pânico (PSIP), que deve ser confeccionado por um profissional habilitado, assim é submetido à análise técnica e se aprovado é liberado para a implementação no local.

No PSIP constam partes que se complementam e configuram todo o aparato necessário para a proteção do local onde será implementado o projeto, dentre alguns dos elementos estão:

- Plantas com desenhos dos sistemas de prevenção e combate a incêndios, também incluindo Sistema de Proteção contra Descargas Atmosféricas (SPDA);
- Dimensionamento e distribuição dos equipamentos de prevenção e combate;
- Declaração das rotas de fuga e saídas de emergência;
- Reserva técnica de água para abastecimento de hidrantes para combate a incêndio;
- Potência das bombas de incêndio;
- Acesso de viaturas do CBM;
- Treinamento de brigada de incêndio.

As Normas Técnicas do CBMCE foram modificadas em 2008, sendo 18 ao todo visto que a NT – 18 foi colocada em vigência em 2016 através da portaria Nº 239/2016 estabelecendo adequações para edificações construídas ou regularizadas antes da vigência da lei estadual 13.556/2004 em relação às Normas de Segurança contra Incêndio e Pânico.

A NT – 001 do CBMCE trata dos critérios para tramitação de documentos pertinentes ao PSIP; a NT – 002 tem como objetivo normalizar símbolos, termos e definições que são utilizados dentro do projeto; a NT – 003 estabelece os requisitos necessários para segurança contra incêndio em estádios, eventos que terão um grande público; a NT – 004 mostra o dimensionamento de aparelhos extintores; a NT – 005 estabelece o dimensionamento das saídas de emergência, para que a população do local consiga abandonar o local sem comprometer sua integridade física e facilitar o acesso dos bombeiros para o combate ao fogo; a NT – 006 expõe a forma de dimensionamento e condições mínimas exigidas para o sistema de hidrantes, desde a manutenção até o manuseio do sistema; a NT – 007 estabelece as circunstâncias para manipulação, armazenamento, comercialização e utilização de Gás Liquefeito de Petróleo (GLP); a NT – 008 mostra para cada tipo de atividade e materiais existentes no prédio a carga de incêndio; a NT – 009 cuida do dimensionamento do sistema de

iluminação de emergência; a NT – 010 estabelece requisitos para acesso de viaturas e sua rota até as áreas de risco; a NT – 011 é relativo ao deslocamento de viaturas; a NT – 012 mostra como deve funcionar e o operar o sistema de detecção e alarme; a NT – 013 refere-se ao compartilhamento horizontal e vertical de estruturas; a NT – 014 dispõe sobre armazenamento de fogos de artifício; NT – 015 normaliza como deve ser a operação dos chuveiros automáticos (Sprinklers); a NT – 016 disponibiliza formas de segurança com relação a cobertas que são de fácil combustão; a NT – 017 dispõe do Projeto Técnico Simplificado. Todas as normas do CBMCE são desenvolvidas com base em normas da ABNT e algumas internacionais.

1.1 Objetivos

Este trabalho tem como objetivo apresentar um Projeto de Proteção contra Incêndio e Pânico de um Prédio de Múltiplas Unidades Consumidoras (PMUC), visando apresentar métodos para assegurar a integridade física dos moradores e diminuir perdas materiais em casos de sinistros causados, tanto por falhas na instalação elétrica, descargas atmosféricas ou quaisquer casos adversos que impliquem em consequências danosas através do fogo.

1.2 Estrutura do Trabalho

No capítulo 1, é apresentado aspectos gerais da motivação da escolha ao tema, objetivos e a estrutura do trabalho.

No capítulo 2, uma revisão bibliográfica é feita apresentando os pontos para a produção do projeto, sendo mostrados, junto com o desenvolvimento do texto, os tipos de sistemas empregados.

No capítulo 3, é retratado o projeto em si, com todos os dimensionamentos, requisitos empregados para os sistemas de segurança.

No capítulo 4, é mostrado a conclusão do projeto com os principais pontos deste.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Conceitos Básicos

2.1.1 Conceito de fogo

Fogo é a consequência de uma reação química que tem como resultado liberação de luz e calor, em que somente acontece com a presença de três elementos essenciais que são: combustível, comburente e calor, eles formam o que é chamado triângulo do fogo (Figura 1) (GOMES, 2014).

Figura 1 - Triângulo do fogo



Fonte: De Faria (1986).

Dessa forma, o fogo somente consegue se sustentar com os três requisitos do triângulo, sem qualquer um deles o fogo acaba. Assim, para extinguir o fogo deve-se atacar ou retirar o combustível, calor ou o oxigênio do local.

O combustível trata-se do elemento em que o fogo pode se propagar. São quaisquer substâncias líquidas, sólidas ou gasosas que são inflamáveis e após se combinarem quimicamente com outra acabam gerando uma reação exotérmica no qual libera luz e calor, ou seja o próprio fogo. A combustibilidade de alguma substância é o quão facilmente a combinação com oxigênio e calor é feita, e assim gerando fogo (GOMES, 2014).

O comburente é o próprio oxigênio, pois é o ativador principal para a queima do combustível e intensifica a queima.

O calor é outro elemento do triângulo que dá a ignição do fogo e pode ser resultado da própria luz solar, descargas atmosféricas, problemas na rede elétrica, soldas elétricas, pontas de cigarro, qualquer aparelho que tenha a função de aquecer, velas acesas, etc. (GOMES, 2014).

2.1.2 Formas de transmissão de calor

O calor é transmitido por três formas distintas e regido por uma “lei” de que é propagado de corpos mais quentes para os mais frios, sendo pelo ar, por contato direto ou indireto, as formas de propagação são:

- **Condução:** é a forma de transmissão que acontece por contato direto entre as moléculas das substâncias que tenham temperaturas diferentes. Um exemplo seria a distribuição de calor ao longo de um metal quando alguma de suas partes é exposta ao fogo.
- **Convecção:** a propagação do calor acontece em meios fluidos, sendo gases ou líquidos, em que a diferença de temperatura modifica a densidade e a matéria mais quente e menos densa sobe enquanto a mais fria desce. Este fenômeno acontece em maior escala em massas de ar atmosféricas.
- **Radiação:** é a transmissão de calor através de ondas eletromagnéticas em qualquer tipo de espaço, podendo ser transmitido, também, pelo vácuo. Como exemplo, o calor solar que é transmitido através do espaço, atravessando a atmosfera e chegando até nós.

2.1.3 Métodos de extinção do fogo

Para extinguir o fogo, deve-se levar em consideração os três lados do triângulo do fogo e atacar pelo menos um deles para que não ocorra o alastramento e possivelmente acabe causando um incêndio. Existem alguns métodos que levam a extinção do fogo, são eles:

- **Abafamento:** consiste na diminuição do nível de oxigênio que se encontra próximo ao combustível, dessa forma não havendo contato de uma certa concentração de comburente o fogo não aumenta, e é um dos métodos mais difíceis sendo aplicado somente a pequenos incêndios. Uma das formas de se aplicar o abafamento seria a cobertura do combustível com areia.
- **Isolamento:** este método consiste na separação dos elementos que formam o fogo, seja o comburente, o combustível ou a fonte de calor. Pode ser feito como uma retirada manual do material.
- **Resfriamento:** sendo o método mais fácil e o mais utilizado, consiste na retirada do calor do material que está em combustão, de forma a resfriar até o ponto em que não libere vapores que reajam com o oxigênio e propague o fogo (GOMES, 2014).

2.2 Classificação das edificações e áreas de risco e suas exigências mínimas

Para a classificação de edificações e áreas de risco são levadas em consideração, a atividade que é exercida no local e também o material no qual a estrutura é feita. Esta classificação também envolve outros fatores que são muito importantes para definir o nível de risco ao qual a edificação está exposta, tais como a área total construída, em metros quadrados, e a altura em metros. A Tabela 1, adaptada da norma NT – 001/2008 do CBMCE, mostra os três primeiros grupos de ocupação e classificação das edificações.

Tabela 1 – Classificação e exigências em edificações e áreas de risco quanto à ocupação

Grupo	Ocupação	Divisão	Descrição	Exemplos
A	Residencial	A-1	Habitação unifamiliar	Casas térreas ou assobradadas.
		A-2	Habitação multifamiliar	Edifícios de apartamento em geral e condomínios horizontais.
		A-3	Habitação coletiva	Pensionatos, internatos, alojamentos, mosteiros, conventos, residências geriátricas.
B	Serviço de hospedagem	B-1	Hotel e assemelhado	Hotéis, motéis, pensões, hospedarias, pousadas, albergues, casas de cômodos e assemelhados.
		B-2	Hotel residencial	Hotéis e assemelhados com cozinha própria nos apartamentos (apart-hotéis, hotéis residenciais)
C	Comercial	C-1	Comércio com baixa carga de incêndio	Armarinhos de artigos de metal, louças, artigos hospitalares e assemelhados.
		C-2	Comércio com média e alta carga de incêndio	Edifícios de lojas de departamentos, magazines, galerias comerciais, supermercados em geral, mercados e assemelhados.
		C-3	Shoppings centers	Centro de compras em geral (Shopping centers).

Fonte: Corpo de Bombeiros Militar do Estado do Ceará (2008a) (adaptado pelo autor).

Na Tabela 2 é mostrado como são classificadas as edificações com referência à sua altura, especificando dentre seis tipos, com suas denominações e faixa de altura, no qual são enquadradas. A Tabela 3 refere-se à classificação do risco da estrutura quanto sua carga de incêndio, visto que através da NT – 008 do CBMCE, os níveis de carga de incêndio são dados de acordo com o tipo de atividade e material da estrutura, como também o método para levantamento da carga de incêndio específica, a partir do tipo de material e do seu potencial calorífico específico, medido em MJ/m² (Mega joule por metro quadrado).

Tabela 2 - Classificação das Edificações quanto à altura

Tipo	Denominação	Altura
I	Edificação térrea	Um pavimento
II	Edificação de baixa altura	$H \leq 6,00$ m
III	Edificação medianamente baixa	$6,00 \text{ m} < H \leq 12,00$ m
IV	Edificação de média altura	$12,00 \text{ m} < H \leq 24,00$ m
V	Edificação medianamente alta	$24,00 \text{ m} < H \leq 36,00$ m
VI	Edificação alta	$H > 30,00$ m

Fonte: Corpo de Bombeiros Militar do Estado do Ceará (2008a).

Tabela 3 - Classificação das Edificações quanto à carga de incêndio

Risco	Carga de Incêndio MJ/m²
Baixo	Até 300 MJ/m ²
Médio	Entre 300 e 1200 MJ/m ²
Alto	Acima de 1200 MJ/m ²

Fonte: Corpo de Bombeiros Militar do Estado do Ceará (2008a).

A NT – 001 do CBMCE também especifica as exigências mínimas de medidas de segurança contra incêndio, levando em consideração o Grupo em que a edificação está enquadrada e a área construída da edificação. Devido à grande quantidade de tabelas com exigências, este trabalho está sendo exposto apenas as Tabelas 4 e 5 com respeito a requisitos mínimos para edificações com área menor ou igual a 750 m² e/ou com menos de dois pavimentos e para edificações do Grupo A, com área superior a 750 m² e/ou com mais de dois pavimentos. Nestas Tabelas a marcação de um “X” indica a medida necessária para aquele tipo de grupo, levando em consideração a altura em metros.

Tabela 4 - Requisitos mínimos para edificações com área menor ou igual a 750 m²

Medidas de Segurança	A, D, E e G	B	C	F		H			I e J	L
				F2, F3, F4, F6, F7 e F8	F1 e F5	H1 e H4	H2 e H3	H5		L1
Saídas de emergência	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Iluminação de Emergência	X ¹	X ²	X ¹	X ³	X ¹	X ⁴				
Sinalização de emergência	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Extintores	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Central de gás	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X

Fonte: Corpo de Bombeiros Militar do Estado do Ceará (2008a).

Figura 2 - Notas sobre os índices aplicados à tabela de exigências mínimas para edificações com área inferior ou igual a 750 m²

<p>NOTAS ESPECÍFICAS:</p> <p>1 – Somente para as edificações com mais de 01 (um) pavimento.</p> <p>2 – Estão isentos os hotéis que não possuam corredores internos de serviços.</p> <p>3 - Para as edificações com lotação superior a 50 (cinquenta) pessoas e/ou com mais de 01 (um) pavimento.</p> <p>4 – Luminárias à prova de explosão.</p> <p>NOTAS GENÉRICAS:</p> <p>a – Para a divisão M, ver tabelas e Normas Técnicas específicas;</p> <p>b – A Divisão L1 (Explosivos) está limitada à edificação térrea até 100 m² (observar Norma Técnica específica); e</p> <p>c – As Divisões L2 e L3 somente poderão ser analisadas mediante Câmara Técnica.</p> <p>d – As edificações da divisão A1 ficam isentas da presente exigência.</p>

Fonte: Corpo de Bombeiros Militar do Estado do Ceará (2008a).

Tabela 5 - Exigências mínimas para edificações do Grupo A com área maior que 750 m²

Grupo de ocupação e uso	GRUPO A – RESIDENCIAIS					
	Condomínios Residenciais (A-1), A-2 e A-3					
Divisão	Classificação quanto à altura (em metros)					
	Térrea	H ≤ 6	6 < H ≤ 12	12 < H ≤ 24	24 < H ≤ 30	H > 30
Acesso de Viatura na Edificação	X ¹	X ¹	X ¹	X ¹	X ¹	X ¹
Saídas de Emergência	X	X	X	X	X	X
Brigada de Incêndio	X	X	X	X	X	X
Iluminação de Emergência	X	X	X	X	X	X
Alarme de Incêndio	X ³	X ³	X ³	X ³	X ³	X
Sinalização de Emergência	X	X	X	X	X	X
Extintores	X	X	X	X	X	X
Hidrantes	X	X	X	X	X	X
Central de Gás	X	X	X	X	X	X
Chuveiros Automáticos						X

Fonte: Corpo de Bombeiros Militar do Estado do Ceará (2008a).

O sobrescrito “1” são recomendados para as vias de acesso e faixas de estacionamento, o sobrescrito “2” são para edificações com carga de incêndio alta e o sobrescrito “3” para o caso de a distância a ser percorrida até a saída seja maior que 30 metros. Com relação a aplicação destas exigências, a NT – 001/2008 do CBMCE expõe: “2.2. Quando houver legislação municipal (Código de Obras) que exija medidas de segurança contra incêndio e pânico mais restritivas nas edificações que as preconizadas nesta Norma Técnica, deve ser

adotada aquela legislação.” (CORPO DE BOMBEIROS MILITAR DO ESTADO CEARÁ, 2008a).

Quanto a facilidade da edificação propagar fogo por sua estrutura, como a facilidade de crescimento do incêndio e a propensão a um colapso estrutural da edificação, três códigos podem ser concedidos através da NT – 005 do CBMCE, que tem como objetivo especificar o tipo estrutural da edificação e a partir dele dimensionar as distâncias máximas de saídas de emergência, no qual será abordado mais à frente neste trabalho. A Tabela 6 foi retirada da norma NT – 005 do CBMCE e mostra as divisões quanto às características construtivas.

Tabela 6 - Classificação das estruturas quanto às características construtivas

CÓDIGO	TIPO	ESPECIFICAÇÃO
X	Edificações em que o crescimento e a propagação do incêndio podem ser fáceis e onde a estabilidade pode ser ameaçada pelo incêndio.	Edifícios onde pelo menos duas das três condições estão presentes: a) Não possuam TRF, mesmo que existam condições de isenção; b) Não possuam compartimentação vertical completa, de acordo com norma técnica específica, mesmo que existam condições de isenção; c) Não possuam controle dos materiais de acabamento, de acordo com norma técnica específica, mesmo que existam condições de isenção.
Y	Edificações onde um dos três eventos é provável: a) rápido crescimento do incêndio; b) propagação vertical do incêndio; c) colapso estrutural.	Edifícios onde apenas uma das três condições está presente: a) Não possuam TRF, mesmo que existam condições de isenção; b) Não possuam compartimentação vertical completa, de acordo com norma técnica específica, mesmo que existam condições de isenção; c) Não possuam controle dos materiais de acabamento, de acordo com norma técnica específica, mesmo que existam condições de isenção.
Z	Edificações concebidas para limitar: a) rápido crescimento do incêndio; b) propagação vertical do incêndio; c) colapso estrutural.	Edifícios onde nenhuma das três condições abaixo está presente: a) Não possuam TRF, mesmo que existam condições de isenção; b) Não possuam compartimentação vertical completa, de acordo com norma técnica específica, mesmo que existam condições de isenção; c) Não possuam controle dos materiais de acabamento, de acordo com norma técnica específica, mesmo que existam condições de isenção.

Fonte: Corpo de Bombeiros Militar do Estado do Ceará (2008b).

2.3 Cálculo da população

O cálculo da população que permanece todo ou a maior parte do tempo na edificação ou área de risco obedece a Tabela 7, que é disponibilizada na norma NT – 005 do

CBMCE. A Tabela também é utilizada como forma de dimensionamento de acessos, escadas e portas do local.

Tabela 7 - Dimensionamento de população e capacidade de passagem nas saídas e acessos

Ocupação ^(O)		População ^(A)	Capacidade da Unidade de Passagem (UP)		
Grupo	Divisão		Acessos / Descargas	Escadas / rampas	Portas
A	A-1, A-2	Duas pessoas por dormitório ^(C)	60	45	100
	A-3	Duas pessoas por dormitório e uma pessoa por 4 m ² de área de alojamento ^(D)			
B		Uma pessoa por 15 m ² de área ^{(E) (G)}			
C		Uma pessoa por 5 m ² de área ^{(E) (J) (M)}			
D		Uma pessoa por 7 m ² de área ^(L)	100	75	100
E	E-1 a E-4	Uma pessoa por 1,50 m ² de área de sala de aula ^(F)	30	22	30
	E-5, E-6	Uma pessoa por 1,50 m ² de área de sala de aula ^(F)			
F	F-1, F-10	Uma pessoa por 3 m ² de área	100	75	100
	F-2, F-5, F-8	Uma pessoa por m ² de área ^{(E) (G) (N)}			
	F-3, F-6, F-7, F-9	Duas pessoas por m ² de área ^(G) (1:0,5 m ²)			
	F-4	Uma pessoa por 3 m ² de área ^{(E) (J) (F)}			
G	G-1, G-2, G-3	Uma pessoa por 40 vagas de veículo	100	60	100
	G-4, G-5	Uma pessoa por 20 m ² de área ^(E)			
H	H-1, H-6	Uma pessoa por 7 m ² de área ^(E)	60	45	100
	H-2	Duas pessoas por dormitório ^(C) e uma pessoa por 4 m ² de área de alojamento ^(E)	30	22	30
	H-3	Uma pessoa e meia por leito + uma pessoa por 7 m ² de área de ambulatório ^(H)			
	H-4, H-5	Uma pessoa por 7 m ² de área ^(F)	60	45	100
I		Uma pessoa por 10 m ² de área	100	60	100
J		Uma pessoa por 30 m ² de área ^(J)			
L	L-1	Uma pessoa por 3 m ² de área	100	60	100
	L-2, L-3	Uma pessoa por 10 m ² de área			
M	M-1	+	100	75	100
	M-3, M-5	Uma pessoa por 10 m ² de área	100	60	100
	M-4	Uma pessoa por 4 m ² de área	60	45	100

Fonte: Corpo de Bombeiros Militar do Estado do Ceará (2008b).

Tomando como exemplo uma edificação classificada como grupo A e divisão A-2, que são edifícios multifamiliares, considera-se duas pessoas por cada dormitório presente no local. Os indicadores da Tabela 6 são os mínimos aceitáveis para o cálculo da população. Em

apartamentos de mais de dois quartos (dormitórios), ou com salas de costura e outras dependências que possam servir de dormitório devem ser tratadas com tal, e para apartamentos sem divisões, deve-se considerar uma pessoa para cada seis metros quadrados de área. Em apartamentos de até dois quartos, a sala também deve contar como dormitório (CORPO DE BOMBEIROS MILITAR DO CEARÁ, 2008b).

2.4 Saídas de emergência

O dimensionamento das saídas de emergência engloba desde a quantidade de saídas na edificação até o dimensionamento de escadas e portas. A NT – 005/2008 do CBMCE trata exclusivamente do assunto e os próximos tópicos abordam as principais etapas deste enquadramento.

2.4.1 Distâncias máximas a serem percorridas

As distâncias a serem percorridas pelas pessoas que estiverem na área de risco, levam em consideração quantos e quais os sentidos de fuga estão disponíveis, as características construtivas da edificação (especificada através da Tabela 6), e também a redução de risco em casos que já existam medidas de segurança ou facilidade de saída em construções térreas. A Tabela 8 mostra os valores máximos de distâncias, dimensionados de acordo com o tipo de edificação (Tabela 6), grupo e divisão de ocupação (Tabela 1).

Tabela 8 - Distâncias máximas a serem percorridas

Tipo de Edificação	Grupo e divisão de ocupação	Sem chuveiros ou sem detectores automáticos		Com chuveiros ou com detectores automáticos	
		Saída única	Mais de uma saída	Saída única	Mais de uma saída
X	Qualquer	10 m	20 m	25 m	35 m
Y	Qualquer	20 m	30 m	35 m	45 m
Z	C, D, E, F, G-3, G-4, H, I, L e M	30 m	40 m	45 m	55 m
	A, B, G-1, G-2 e J	40 m	50 m	55 m	65 m

Fonte: Corpo de Bombeiros Militar do Estado do Ceará (2008b).

Os chuveiros mencionados na Tabela 8 são os sistemas de *sprinklers* que descarregam água quando detectado incêndio, funcionando quando certa temperatura é excedida no local, um exemplo de um bico de *sprinkler* é mostrado na figura 3. A norma produzida pela ABNT, NBR 10897 trata da proteção contra incêndio por meio de chuveiros

automáticos. Os detectores automáticos de fumaça funcionam por ionização ou por sensores de luz, o qual são interligados ao sistema de alarme emitindo sinal sonoro quando acionados.

Figura 3 - Bico de *Sprinkler*



Fonte: Wagner (2016).

2.4.2 Número mínimo de saídas de emergência

O dimensionamento do número de saídas na estrutura, depende do grupo e divisão em que a mesma esteja enquadrada, altura da edificação e a área do maior pavimento. A Tabela 9, retirada da NT – 005 do CBMCE, mostra o número mínimo e o tipo de escada de emergência deve ser utilizada para cada estrutura avaliada. A tabela não será exposta por completo devido ao seu tamanho extenso.

Tabela 9 - Número mínimo de saídas e tipos de escada de emergência

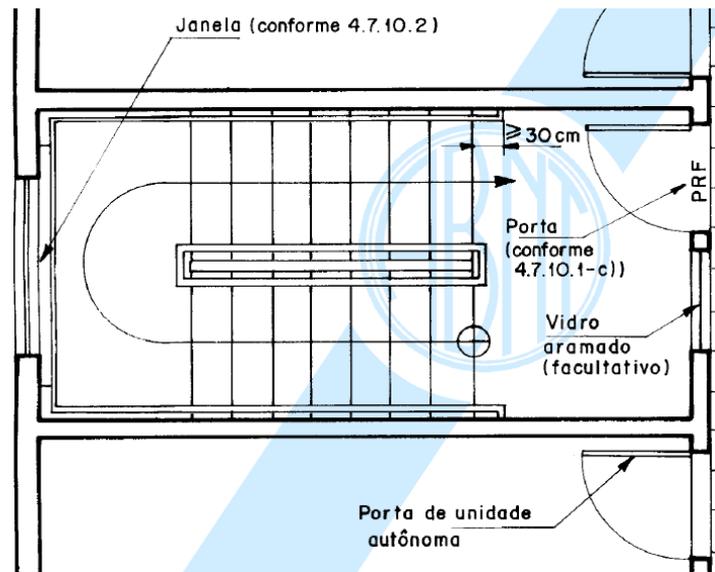
Dimensão		N (área de pavimentos ≤ a 750 m ²)									O (área de pavimento > 750 m ²)																
Altura (mm)		Térreo	H≤6			6<H≤12			12<H≤30			Acima de 30			Térreo	H≤6			6<H≤12			12<H≤30			Acima de 30		
Ocupação		N ^º s	N ^º s	Tip. Esc	N ^º s	N ^º s	Tipo Esc																				
Gr	Div.																										
A	A-1	1	1	NE	1	NE	-	-	-	-	1	1	NE	1	NE	-	-	-	-	-	-	-	-				
	A-2	1	1	NE	1	NE	1	EP	1	PF	1	1	NE	2	NE	2	EP	2	EP	2	EP	2	PF				
	A-3	1	1	NE	1	NE	1	EP	2	PF	1	1	NE	2	NE	2	EP	2	EP	2	EP	2	PF				
B	B-1	1	1	NE	1	EP	1	PF	2	PF	2	2	NE	2	EP	2	PF	2	PF	2	PF	2	PF				
	B-2	1	1	NE	1	EP	1	PF	2	PF	2	2	NE	2	EP	2	PF	2	PF	2	PF	2	PF				
C	C-1	1	1	NE	1	NE	1	EP	2	EP	2	2	NE	2	EP	2	PF	3	PF	3	PF	3	PF				
	C-2	1	1	NE	1	NE	1	EP	2	PF	2	2	NE	2	EP	3	PF	4	PF	3	PF	4	PF				
	C-3	1	1	NE	2	EP	2	PF	3	PF	2	2	NE	2	EP	3	PF	4	PF	3	PF	4	PF				
D	-	1	1	NE	1	EP	2	EP	2	PF	2	2	NE	2	EP	2	PF	2	PF	2	PF	2	PF				

Fonte: Corpo de Bombeiros Militar do Estado do Ceará (2008b) (Adaptado pelo autor).

Na Tabela 9, as siglas NE, EP e PF significam, respectivamente, escada comum, escada enclausurada e escada à prova de fumaça. A escada comum está presente em quase todos

os lugares que necessitam de uma forma de elevação a outro pavimento, a escada enclausurada (mostrada na figura 4) tem paredes corta-fogo que devem ser resistentes por no mínimo duas horas de contato direto ao fogo, Portas Resistentes ao Fogo (PRF) por no mínimo 30 minutos e ventilação permanente por janela protegida com área mínima de 0,8 m². A escada à prova de fumaça tem os mesmos aspectos construtivos da escada enclausurada, porém existe uma antecâmara que também é protegida com PRF e com dutos para entrada e saída de ar.

Figura 4 - Escada enclausurada protegida



Fonte: Associação Brasileira de Normas Técnicas (2001) (Adaptada pelo autor).

2.4.3 Cálculo do vão de saída

O cálculo da largura das saídas leva em consideração a população da edificação e a capacidade da unidade de passagem, ambas estão disponíveis na Tabela 7. A Equação 1 é utilizada para calcular o número de unidades de passagem para cada tipo de saída, sejam escadas, acessos ou descargas.

$$N = \frac{P}{C} \quad (1)$$

A variável “N” é o número de unidades de passagem (número inteiro) que a saída a qual está sendo calculada terá, sendo que uma unidade de passagem equivale a 0,55 m. A variável “P” equivale a população da edificação e a variável “C” é a capacidade de unidade de passagem.

A NT – 005 do CBMCE normaliza as larguras mínimas das saídas de emergência, em que para ocupações gerais, a largura mínima deve ser de 1,2 m. Deve ser de 1,65 m para escadas, corredores e passagens para as edificações enquadradas no grupo H e divisão H-2 e H-3, sendo que as rampas da divisão H-2 também devem ter esta medida. Largura mínima de 2,2 m para acessos, descargas das rampas e a elas próprias, no grupo H e divisão H-3 (CORPO DE BOMBEIROS MILITAR DO ESTADO CEARÁ, 2008b).

2.4.4 Escadas

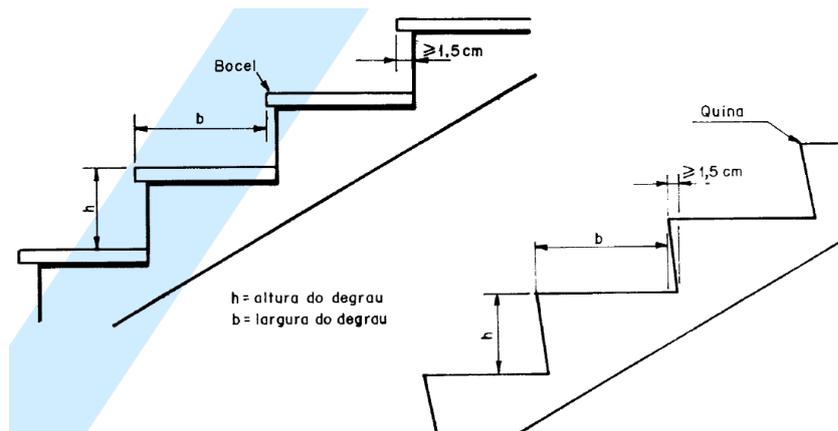
Em qualquer edificação, que necessite do trânsito entre pavimentos ou locais mais elevados, devem existir escadas, sejam elas normais ou enclausuradas, que devem ser feitas de material estrutural, oferecer resistência ao fogo na sua estrutura, devem ter guardas corpos em caso de ausência de paredes nas laterais, devem conter corrimãos nos dois lados da mesma e piso em condições antiderrapantes (CORPO DE BOMBEIROS MILITAR DO ESTADO CEARÁ, 2008b).

A NT – 005 do CBMCE também mostra o dimensionamento de degraus e patamares (são os espaços mais largos do que os degraus e separam dois lanços de escada). A figura 5, retirada da NBR 9077, especifica a altura do degrau pela variável “h” e sua largura por “b”. A altura do degrau deve ser compreendida entre 16 cm e 18 cm, tendo uma variação aceitável de 0,5 cm (CORPO DE BOMBEIROS MILITAR DO ESTADO CEARÁ, 2008b). A largura dos degraus deve obedecer a Equação 2, chamada de fórmula de Blondel.

$$63 \text{ cm} \leq (2h + b) \leq 64 \text{ cm} \quad (2)$$

Os lanços devem ter no mínimo três degraus e um máximo de 3,7 m de altura entre dois patamares. Outros tipos de formatos de escada são expostos na NT – 005 do CBMCE, porém pela grande extensão de detalhes e não ter o foco totalmente direcionado a edifícios multifamiliares, não foram mostradas neste trabalho.

Figura 5 - Altura e largura do degrau



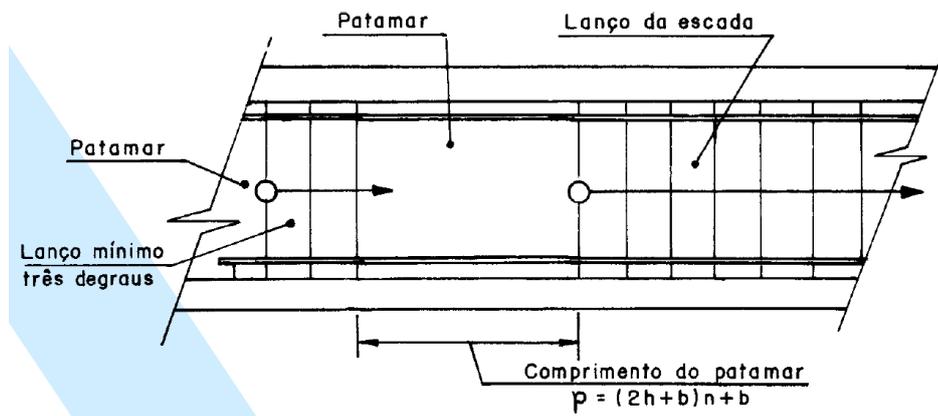
Fonte: Associação Brasileira de Normas Técnicas (2001)

Os patamares são dimensionados pela Equação 3, e levam em consideração a altura (h) e a largura (b) dos degraus e acrescido de uma variável “n” que pode assumir três valores inteiros (1, 2 ou 3) dependendo do tipo de escada ao qual está sendo dimensionada.

$$P = (2h + b)n + b \quad (3)$$

A figura 6 mostra o detalhe de lanços mínimos e comprimento de patamares nas escadas, sendo que o patamar deve ter no mínimo o tamanho da largura da escada, quando a escada tiver mudança de direção de um lanço a outro.

Figura 6 - Lanços e comprimento do patamar

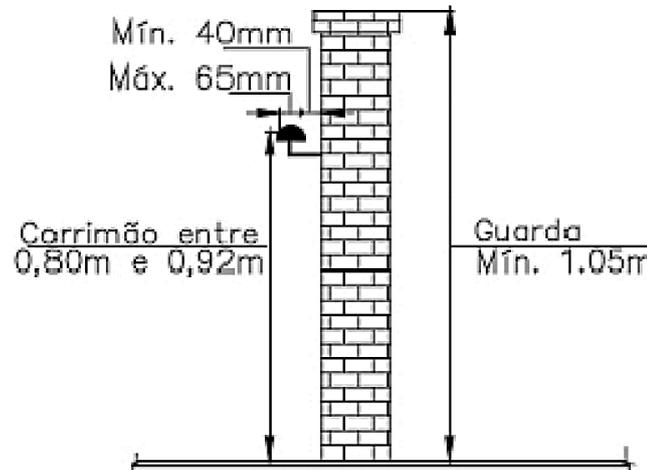


Fonte: Associação Brasileira de Normas Técnicas (2001)

Os corrimãos das escadas devem ser colocados em ambos os lados e estar à altura entre 80 cm e 92 cm acima do piso. Podem ser utilizados corrimãos extras nas escadas além do principal que esteja na altura normalizada, esses podem ser utilizados em escolas que tenham crianças pequenas que transitam pela escada. Outra exigência importante encontrada na NT - 005 do CBMCE, que os corrimãos devem ser afastados de no mínimo 40 mm da parede ou

guardas-corpos onde estiverem fixados (CORPO DE BOMBEIROS MILITAR DO ESTADO CEARÁ, 2008b). A figura 7 mostra detalhadamente as dimensões expressas na norma.

Figura 7 - Dimensões de corrimãos e guardas



Fonte: Corpo de Bombeiros Militar do Estado do Ceará (2008b).

2.5 Iluminação de Emergência

A norma do CBMCE, com relação à iluminação de emergência, deixa claro que para todos os casos que não fizerem oposição ao mostrado na NT – 009/2008 deve ser utilizada a norma da ABNT NBR 10898/1999. As principais considerações para um projeto de combate a incêndio ficam em torno do método de instalação das lâmpadas, tensão de alimentação, nível de iluminamento e autonomia (CORPO DE BOMBEIROS MILITAR DO ESTADO CEARÁ, 2008c).

Para os casos de instalação de eletrodutos e caixas de passagem que fiquem aparentes da parede de alvenaria, devem ser constituídas de material metálico ou por PVC rígido antichamas, como disposto na norma ABNT NBR 6150 e a instalação da alimentação do sistema deve ser conforme a norma ABNT NBR 5410. Os pontos de luz devem ser instalados com distância máxima entre si de 15 metros, sendo que outras distâncias devem estar em conformidade com a NBR 10898 (CORPO DE BOMBEIROS MILITAR DO ESTADO CEARÁ, 2008c).

O sistema de iluminação de emergência é obrigatório em todos os locais que permitam uma circulação horizontal ou vertical e rotas de fuga, dessa forma deve ser mantido um mínimo de iluminamento no piso: 5 (cinco) lux em locais como escadas e passagens com

obstáculos e 3 (três) lux para corredores, *halls* e locais de refúgio. As luminárias e subsistemas que compõem o sistema de iluminação de emergência, devem suportar temperatura de 70 °C por no mínimo uma hora (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 1999).

Com relação à distância das luminárias com relação ao piso, deve-se utilizar a uma altura de menos de 2,5 metros e as luminárias de sinalização devem ter tensão de alimentação em 30 V, no máximo. Para casos que não seja possível reduzir esta tensão, deve-se utilizar um dispositivo interruptor diferencial de 30 mA e um disjuntor termomagnético de 10 A (CORPO DE BOMBEIROS MILITAR DO ESTADO CEARÁ, 2008c).

Em relação à autonomia do bloco autônomo de iluminação de emergência, a norma do corpo de bombeiros especifica um mínimo de quatro horas de autonomia, a partir do corte da alimentação. Todos os detalhes para o dimensionamento do sistema estão dispostos na NBR 10898 e devem ser utilizados somente se não contrariem as indicações ditas anteriormente.

2.6 Aparelhos Extintores

2.6.1 Classes de incêndios e tipos de extintores

A partir do tipo de material que se tornou combustível para que um incêndio inicie, determinam-se as classes, que são diferenciadas através de letras representando o tipo de material envolvido na criação do sinistro. De acordo com a norma NBR 12693 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2013):

- Classe A: fogo em combustíveis comuns sólidos e que deixam resíduos, com a queima em superfície e em profundidade. Os extintores utilizados são o de água ou pó químico ABC. Este tipo de extintor de incêndio extingue o fogo através de resfriamento e não deve ser utilizado sob nenhuma circunstância em incêndios por aparelhos elétricos energizados.

- Classe B: fogo em líquidos ou sólidos inflamáveis, graxas e gases inflamáveis, que queimam somente na superfície, podendo deixar ou não resíduos. O abafamento é um ótimo método de extinção e os extintores classes BC ou ABC podem ser utilizados, não devendo utilizar água.

- Classe C: fogo em instalações, máquinas ou equipamentos energizados. Extintores de pó químico classes BC e ABC e extintor de CO₂ podem ser utilizados, sendo que

o de gás carbônico é o mais aconselhável por não deixar resíduos que venham a danificar os aparelhos.

- Classe D: fogo em metais de fácil combustão, que é caracterizado por queima em altas temperaturas e reagem com os extintores de água e extintores comuns, podendo ser bem perigosos. O método de extinção adequado é o abafamento e os extintores são de uma classe pouco comum: pó químico seco especial, com sigla PQSE (GOMES, 2014).

Existem outras classes de incêndio que não são abordadas nas normas brasileiras e pouco conhecidas no país, que são as classes K e E, a primeira envolvendo fogo em óleo vegetal e gordura animal, cuja composição é feita através de uma solução especial de acetato de potássio diluído em água e gordura animal, e a última envolvendo fogo em materiais radioativos em proporções extremas.

2.6.2 Capacidade Extintora

A capacidade dos extintores definida na NT – 004 do CBMCE, é aplicada para aparelhos extintores portáteis e para cada classe de extinção uma carga mínima é exigida, dentre elas estão:

- Extintor de água: mínimo de 2-A como capacidade extintora.
- Extintor com espuma mecânica: mínimo de 2-A:10-B de capacidade.
- Extintor de CO₂ (dióxido de carbono): mínimo de 5-B:C de capacidade.
- Extintor de pó químico, classe BC: mínimo de 20-B:C de capacidade.
- Extintor de pó químico, classe ABC: mínimo de 2-A:20-B:C de capacidade.
- Extintor com carga de compostos halogenados: mínimo de 5-B:C de capacidade extintora (CORPO DE BOMBEIROS MILITAR DO ESTADO CEARÁ, 2008d).

2.6.3 Distribuição e instalação dos aparelhos extintores

A NT – 004 do CBMCE especifica a distribuição dos extintores de acordo com o risco da edificação, a área a ser protegida e a distância máxima que as pessoas devem percorrer para chegar até a localização dos dispositivos, dessa forma o projeto deve ser feito levando em consideração a planta do local e as possibilidades de deslocamento da população, tanto quanto

o posicionamento em planta e a quantidade a ser colocada no local. A Tabela 10 mostra a distribuição que deve ser feita com os aparelhos extintores.

Tabela 10 - Distribuição dos aparelhos extintores conforme risco, área e distância percorrida

RISCO	ÁREA (m²)	DISTÂNCIA (m)
BAIXO	500	20
MÉDIO	250	15
ALTO	150	10

Fonte: Corpo de Bombeiros Militar do Estado do Ceará (2008d).

Quanto a instalação dos extintores em paredes e divisórias, o suporte deve ser afixado a uma altura de 1,60 m do piso, não podendo ser instalados em escadas, pois devem estar sempre em locais que facilitem a retirada do suporte e o manuseio, e além de necessitarem ser posicionados em lugares com menor probabilidade do fogo bloquear o seu acesso (CORPO DE BOMBEIROS MILITAR DO ESTADO CEARÁ, 2008d).

Nas áreas de risco e também em cada pavimento da edificação devem ser utilizados um extintor de classe A e um para incêndio de classe B e C, podendo também a utilização de dois extintores de pó químico com classe ABC, sendo que este pode substituir qualquer outro extintor de classes distintas dentro de uma área de risco. A utilização de um único aparelho extintor de pó ABC, somente deve ser feito a locais com área construída menor que 50 m² (CORPO DE BOMBEIROS MILITAR DO ESTADO CEARÁ, 2008d).

Outras recomendações para instalação dos aparelhos extintores em que se aplicam a indústrias, depósitos, oficinas, galpões e locais com vasta área, devem ter uma área de um metro quadrado reservado no piso para demarcação em vermelho e bordas amarelas, para o local do extintor, e em nenhuma hipótese deve ser ocupada por outros materiais ou objetos. Com relação a instalação dos extintores em colunas, a sinalização deve ser feita de forma a envolver todos os lados da mesma, facilitando a visualização por todos os lados (CORPO DE BOMBEIROS MILITAR DO ESTADO CEARÁ, 2008d).

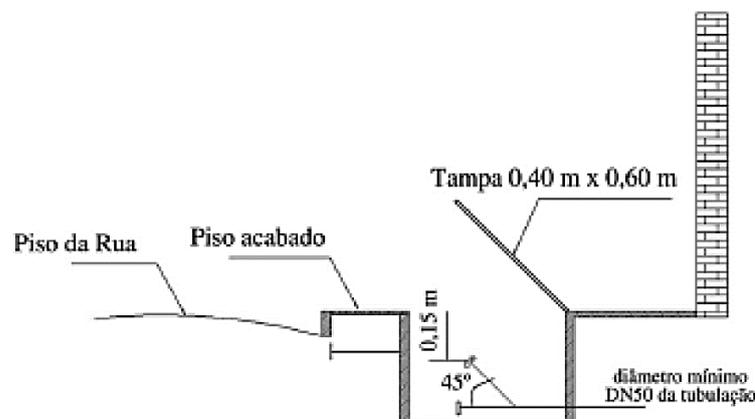
2.7 Hidrantes e Canalização preventiva

Este tópico trata do sistema de hidrantes e seu abastecimento, reservas técnicas de incêndio, tubulações e cálculos de perda de pressão e dimensionamento de bombas d'água, que são dispostos na norma NT – 006/2008 do CBMCE.

2.7.1 Partes do sistema

- **Hidrante de Recalque:** também comumente chamado de registo de recalque, é uma ampliação da tubulação de forma que este dispositivo esteja na entrada principal da edificação. Deve estar afastado a 0,5m do meio fio da calçada, enterrado em caixa de alvenaria, com fundo em pedra ou com dreno para absorver qualquer umidade, a caixa deve ter tampa em ferro fundido com a indicação “INCÊNDIO”, com dimensões em 40x60cm. O diâmetro do engate deve ser igual a 65 mm (2 ½”), a introdução deste com ângulo de 45°, orientação “para cima” e profundidade máxima de 15cm em relação ao piso da calçada. É de extrema importância que a localização deste dispositivo facilite a aproximação da viatura do corpo de bombeiros para reabastecimento da mesma (CORPO DE BOMBEIROS MILITAR DO ESTADO CEARÁ, 2008e).

Figura 8 - Hidrante de Recalque no passeio



Fonte: Corpo de Bombeiros Militar do Estado do Ceará (2008e).

- **Reserva Técnica de Incêndio:** é uma reserva de água prevista para permitir o primeiro combate ao incêndio na edificação e devem ser construídas de acordo com o Apêndice B da NT – 006/2008 do CBMCE, seu volume deve ser calculado em função da classificação de risco e pela área do prédio. Os reservatórios devem garantir permanência do volume reserva que deem condições seguras para casos de vistorias (CORPO DE BOMBEIROS MILITAR DO ESTADO CEARÁ, 2008e).

- **Bomba de incêndio:** tem como objetivo garantir água nos sistemas de hidrantes, mantendo vazão e pressão mínimas, devendo ser do tipo centrífuga, alimentação a combustão

ou por eletricidade. As recomendações são expostas no Apêndice C da norma técnica NT – 006 do CBMCE. A altura manométrica, calculada com noções de hidráulica, deve levar em consideração o hidrante mais desfavorável, ou seja, de maior altura em relação ao motor ou que tenha a maior distância, tendo assim mais perda de carga (CORPO DE BOMBEIROS MILITAR DO ESTADO CEARÁ, 2008e).

- Hidrante: é o ponto de tomada de água que pode ter uma ou duas saídas, destinado ao combate direto ao fogo, contendo válvulas angulares com adaptadores, mangueiras de incêndio e outros acessórios (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2000). O raio máximo para a proteção de um ponto de hidrante é de 30 m, sem considerar a distância que o jato de água alcança. Devem ser posicionadas próximos às portas externas, escadas e de um a um metro e meio de altura a partir do piso acabado, sendo que a utilização do hidrante não deve comprometer a fuga da população da edificação (CORPO DE BOMBEIROS MILITAR DO ESTADO CEARÁ, 2008e).

- Tubulação: tem o objetivo de conduzir a água da reserva técnica de incêndio para todos os hidrantes na edificação, através de tubos, conexões e outros acessórios (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2000). Não deve ter diâmetro inferior a 65 mm (2 ½”), devendo resistir ao fogo e a esforços mecânicos sem que causem defeito ao sistema. Outra recomendação normativa é que as tubulações aparentes devem ser de cor vermelha. Ademais, Os tubos enterrados devem ser munidos de blocos de concreto para a ancoragem nas mudanças de direção e abraçadeiras nos acoplamentos, em conformidade com a norma ABNT NBR 10897/1990 (CORPO DE BOMBEIROS MILITAR DO ESTADO CEARÁ, 2008e).

- Mangueira: é um equipamento para combate a incêndio, constituído de um duto flexível e uniões (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 1998). As mangueiras devem ser divididas em lances de 15 m (CORPO DE BOMBEIROS MILITAR DO ESTADO CEARÁ, 2008e).

- Esguicho: dispositivo acoplado na ponta da mangueira com objetivo de dar forma, direção e controle do jato de água havendo dois tipos, os reguláveis ou de jato compacto, este último é um modelo mais simples (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 1998). A distância dos jatos não deve ser menor que oito metros, visto da ponta do esguicho até o ponto de queda ao solo, estando paralelo ao piso. Para os esguichos reguláveis, devem ter modulação da forma do jato até o fechamento completo deste (CORPO DE BOMBEIROS MILITAR DO ESTADO CEARÁ, 2008e).

- Abrigo de mangueira: compartimento na cor vermelha embutido ou aparente, com porta e objetivo de guardar mangueiras de incêndio, esguichos e que pode ter acoplado a válvula do hidrante, protegendo-o contra adversidades e desgaste (GOMES, 2014). O abrigo deve comportar a mangueira de forma a facilitar sua retirada e dar rapidez à sua utilização. A porta não pode ser trancada e devem ter a inscrição “INCÊNDIO” na porta do abrigo (CORPO DE BOMBEIROS MILITAR DO ESTADO CEARÁ, 2008e). Os abrigos podem ser de dois tipos, sendo diferenciados pelo tamanho do abrigo, o Tipo 1 tem dimensões 70x45x17cm e o Tipo 2 tem dimensões 90x60x17cm.

2.7.2 Dimensionamento do sistema

Os tipos de sistemas de proteção por hidrante são dispostos através da Tabela 11, podendo ser de quatro tipos e diferenciados entre eles, no diâmetro e comprimento máximo da mangueira de incêndio; número de expedições (número de saídas para o mesmo ponto de tomada de água); vazão (em l/min) e pressão (em kgf/cm²) no hidrante mais desfavorável.

Tabela 11 - Tipos de sistemas de hidrantes

TIPO	ESGUICHO	MANGUEIRAS DE INCÊNDIO		NÚMERO DE EXPEDIÇÕES	VAZÃO (l/min) E PRESSÃO (kgf/cm ²) MÍNIMAS NO HIDRANTE MAIS DESFAVORÁVEL
		DIÂMETRO (mm)	COMPRIMENTO MÁXIMO (m)		
I	Jato compacto de 13 mm ou regulável	40	2x15(30)	Simple	150/0,4
II	Jato compacto de 16 mm ou regulável	40	2x15(30)	Simple	250/1,0
III	Jato compacto de 19 mm ou regulável	40 ou 65	2x15(30)	Simple	400/1,5
IV	Jato compacto de 25 mm ou regulável	65	2x15(30)	Duplo	600/0,2
<p>Nota:</p> <p>1) Nos sistemas de hidrantes dimensionados por cálculo hidráulico total, as pressões acima são substituídas pelas resultantes do cálculo.</p> <p>2) As alturas estáticas de 4m, 10m, 15m e 20m respectivamente para os tipos I, II, III e IV torna facultativo o uso de pressurização mecânica.</p>					

Fonte: Corpo de Bombeiros Militar do Estado do Ceará (2008e).

Os valores de pressão em metros de coluna d'água (mca) equivalem a dez vezes o valor medido em kgf/cm².

Para o dimensionamento da reserva técnica de incêndio (RTI), leva-se em consideração a classificação da edificação e sua área construída que pode ser feita através da Tabela 12. O volume da reserva deve ser acrescido em 600 litros para cada ponto de hidrante

pertencente à edificação. Na Tabela, o expoente colocado na sigla “RTI” exemplifica o tipo do sistema de hidrantes que deve ser utilizado, visto que podem ser utilizados na Tabela 11 para o dimensionamento do sistema de proteção.

Tabela 12 - Volume mínimo da RTI

ÁREA DAS EDIFICAÇÕES E ÁREAS DE RISCO	CLASSIFICAÇÃO DAS EDIFICAÇÕES E ÁREAS DE RISCO			
	A-2, A-3, C-1, D-1 (até 300 MJ/m ²), D-2, D-3 (até 300 MJ/m ²), D-4 (até 300 MJ/m ²), E-1, E-2, E-3, E-4, E-5, E-6, F-1 (até 300 MJ/m ²), F-2, F-3, F-4, F-8, G-1, G-2, G-3, G-4, H-1, H-2, H-3, H-5, H-6, I-1, J-1, J-2 e M-3	D-1 (acima de 300 MJ/m ²), D-3 (acima de 300 MJ/m ²), D-4 (acima de 300 MJ/m ²); B-1; B-2; C-2 (acima de 300 até 800 MJ/m ²), J-2 e J-3 (acima de 300 até 800 MJ/m ²)	C-2 (acima de 800 MJ/m ²), F-1 (acima de 300 MJ/m ²); F-10, G-5, I-2 (acima de 800 MJ/m ²), J-3 (acima de 800 MJ/m ²), L-1 e M-1	I-3, J-4, L-2 e L-3
A < 2500 m ²	RTI ² 4,5 m ³	RTI ³ 7,5 m ³	RTI ³ 15 m ³	RTI ³ 22,5 m ³
2500 m ² < A < 5000 m ²	RTI ² 4,5 m ³	RTI ³ 7,5 m ³	RTI ⁴ 30 m ³	RTI ⁴ 45 m ³
5000 m ² < A < 10000 m ²	RTI ² 4,5 m ³	RTI ³ 7,5 m ³	RTI ⁴ 30 m ³	RTI ⁵ 45 m ³
10000 m ² < A < 20000 m ²	RTI ² 9 m ³	RTI ³ 15 m ³	RTI ⁵ 48 m ³	RTI ⁵ 72 m ³
20000 m ² < A < 50000 m ²	RTI ² 9 m ³	RTI ³ 15 m ³	RTI ⁵ 48 m ³	RTI ⁵ 72 m ³
A > 50000 m ²	RTI ² 9 m ³	RTI ³ 15 m ³	RTI ⁵ 48 m ³	RTI ⁵ 72 m ³

Fonte: Corpo de Bombeiros Militar do Estado do Ceará (2008e).

A Tabela 13 está disposta na NT – 006 do CBMCE e tem como objetivo mostrar a obrigatoriedade dos componentes que compõem o sistema de hidrantes para cada tipo de sistema aplicado. Pode-se perceber que independentemente do tipo utilizado na edificação, sempre irá ter obrigatoriedade de todos os componentes, sejam eles o abrigo, a mangueira de incêndio, o engate rápido nos hidrantes e o esguicho.

Tabela 13 - Obrigatoriedade de componentes para hidrantes simples

Materiais	Tipos de Sistema			
	I	II	III	IV
Abrigo	Sim	Sim	Sim	Sim
Mangueira de Incêndio	Sim	Sim	Sim	Sim
Chaves para hidrantes (engate rápido)	Sim	Sim	Sim	Sim
Esguicho	Sim	Sim	Sim	Sim

Fonte: Corpo de Bombeiros Militar do Estado do Ceará (2008e).

2.7.3 Cálculo hidráulico

2.7.3.1 Conceito de vazão e pressão

Segundo Araújo *et al.* ([201-?], p. 2), “a vazão pode ser definida como sendo a quantidade volumétrica ou mássica de um fluido que escoar através de uma seção de uma tubulação ou canal por unidade de tempo”. A vazão também pode ser relacionada como sendo o volume que “passa” em determinado local, dentro de um espaço de tempo. A Equação 4 mostra a relação matemática entre vazão, volume e tempo, em que a variável “Q” é a vazão, “V” é o volume e “t” o tempo de escoamento desse fluido.

$$Q = \frac{V}{t} \quad (4)$$

A pressão é uma grandeza que é definida com uma determinada força, no qual é aplicada sobre uma área qualquer, dessa forma é equivalente ao quociente entre força e área. Já uma pressão exercida por um fluido depende da sua densidade, da força da gravidade e da altura da coluna do líquido. Ao tomar como exemplo a água, a pressão exercida por uma coluna de água de 10 metros de altura equipara-se ao valor da pressão atmosférica ao nível do mar e em condições normais, 1 atm, logo 1 metro de coluna d’água (mca) equivale a 0,1 atm. (JÚNIOR, 2018).

2.7.3.2 Perdas de carga em tubulações

Perda de carga, no sentido do estudo da hidrostática, é uma perda de energia cinética no escoamento de fluidos em tubos e em outros aparatos construídos para o transporte destes líquidos e gases. A perda de energia se dá devido ao contato direto com as paredes da tubulação, funcionando como uma resistência ao fluxo. Esta resistência, por sua vez, causa turbulências no escoamento e conseqüentemente, perda de vazão e pressão.

Um tubo com paredes rugosas causa mais turbulências, influenciando diretamente o fluxo. Em uma tubulação para abastecimento de água existem diversos componentes que causam as perdas de carga, podendo ser conexões, válvulas, medidores, registros, curvas nos tubos, etc., estes provocando atritos e choque de partículas. As perdas por resistência ao longo dos tubos, causadas pelo simples movimento do fluido na tubulação, e as perdas locais, causadas pelas demais peças em uma instalação hidráulica são as responsáveis por estas perdas (NETTO, 1998).

Cada componente sejam eles, curvas, válvulas e registros, têm valores fictícios de comprimento equivalente a tubos retilíneos, e na Tabela 14 os valores dos componentes

principais estão disponíveis, dessa maneira o cálculo da perda de carga total na tubulação se torna mais simples de ser resolvido. Os comprimentos da tabela são para tubulações de ferro e aço, porém podem ser utilizados para tubos de cobre ou latão, por manter uma aproximação satisfatória (NETTO, 1998).

Tabela 14 - Comprimentos equivalentes a perdas localizadas

Diâmetro <i>D</i>		COTOVELO 90° RAIO CURTO	COTOVELO 45°	ENTRADA NORMAL	ENTRADA DE BORDA	VÁLVULA DE GAVETA ABERTO	VÁLVULA DE GLOBO ABERTO	VÁLVULA DE ÂNGULO ABERTO	TÊ PASSAGEM DIRETA	TÊ SAÍDA DE LADO	TÊ SAÍDA LATERAL	VÁLVULA DE PÉ E CRIVO	SAÍDA DA CANALIZAÇÃO	VÁLVULA DE RETENÇÃO TIPO LEVE	VÁLVULA DE RETENÇÃO TIPO PESADO
mm	pol														
13	1/2	0,5	0,2	0,2	0,4	0,1	4,9	2,6	0,3	1,0	1,0	3,6	0,4	1,1	1,6
19	3/4	0,7	0,3	0,2	0,5	0,1	6,7	3,6	0,4	1,4	1,4	5,6	0,5	1,6	2,4
25	1	0,8	0,4	0,3	0,7	0,2	8,2	4,6	0,5	1,7	1,7	7,3	0,7	2,1	3,2
32	1 1/4	1,1	0,5	0,4	0,9	0,2	11,3	5,6	0,7	2,3	2,3	10,0	0,9	2,7	4,0
38	1 1/2	1,3	0,6	0,5	1,0	0,3	13,4	6,7	0,9	2,8	2,8	11,6	1,0	3,2	4,8
50	2	1,7	0,8	0,7	1,5	0,4	17,4	8,5	1,1	3,6	3,5	14,0	1,5	4,2	6,4
63	2 1/2	2,0	0,9	0,9	1,9	0,4	21,0	10,0	1,3	4,3	4,3	17,0	1,9	5,2	8,1
75	3	2,5	1,2	1,1	2,2	0,5	26,0	13,0	1,6	5,2	5,2	20,0	2,2	6,3	9,7
100	4	3,4	1,5	1,6	3,2	0,7	34,0	17,0	2,1	6,7	6,7	23,0	3,2	6,4	12,9
125	5	4,2	1,9	2,0	4,0	0,9	43,0	21,0	2,7	8,4	8,4	30,0	4,0	10,4	16,1

Fonte: Netto (1998).

2.7.3.3 Equações para cálculo hidráulico

No sistema de hidrantes, a pressão máxima em qualquer ponto não deve ultrapassar os 100 mca e todo o cálculo hidráulico (somatória das perdas de carga) deve satisfazer as equações de Darcy-Weisbach (equação 5) e a de Hazen-Williams (Equação 6). O dimensionamento deve consistir no caminho das tubulações, diâmetros dos acessórios e suportes e a partir destes componentes os cálculos devem ser feitos (CORPO DE BOMBEIROS MILITAR DO ESTADO CEARÁ, 2008e).

$$H = f \frac{Lv^2}{2Dg} + k \frac{v^2}{2g} \quad (5)$$

A Equação 5 é chamada de fórmula universal para cálculo de perdas de carga localizadas, em que:

- 'H' é a perda de carga, medida em mca;
- 'f' é o fator de atrito;
- 'L' é o comprimento da tubulação, em metros;
- 'D' é o diâmetro interno, em metros;
- 'v' é a velocidade do fluido, em metros por segundo;
- 'g' é a aceleração da gravidade, em metros por segundo ao quadrado, adota-se o valor de 9,8 m/s²;
- 'k' é a somatória dos coeficientes de perda de carga nas conexões.

A Equação 6 leva em consideração vazão, um fator tabelado, comprimento total da tubulação e o diâmetro do tubo.

$$H = 10,65 \cdot Q^{1,85} \cdot C^{-1,85} \cdot D^{-4,87} \cdot L_t \quad (6)$$

Em que as variáveis são:

- 'H' é a perda de carga em mca;
- 'Q' é a vazão do líquido, em metros cúbicos por segundo;
- 'C' é o fator de Hazen-Williams, exposto através da Tabela 15;
- 'D' é o diâmetro interno do tubo, medido em metros.
- 'L_t' é o comprimento total da tubulação, incluindo tubos lineares e o valor equivalente das curvas, registros e válvulas (Tabela 14) em metros.

A Tabela 15 mostra os valores do fator "C" de Hazen-Williams para tubos de diferentes tipos.

Tabela 15 - Fator "C" de Hazen-Williams

TIPO DE TUBO	FATOR "C"
Ferro fundido ou dúctil sem revestimento interno	100
Aço preto (sistema de tubo seco)	100
Aço preto (sistema de tubo molhado)	120
Galvanizado	120
Plástico	150
Ferro fundido ou dúctil com revestimento interno de cimento	140
Cobre	150
Nota:	
1) Os valores de "C" de Hazen-Williams são válidos para tubos novos	

Fonte: Corpo de Bombeiros Militar do Estado do Ceará (2008e).

Deve-se levar em consideração que para o cálculo hidráulico, a mangueira e o esguicho também constituem elementos que causam perda de carga, dessa forma, o fator “C” da mangueira de incêndio nova é dado como valor de 140 (NETTO, 1998). Por sua vez, o esguicho não deve ter a perda de carga calculada como as tubulações e as mangueiras, já que se trata de um tubo com estreitamento. A Equação 7 é utilizada para cálculo de perda de carga em orifícios, adufas, bocais e comportas, então, como o esguicho se trata de um bocal, em que o diâmetro inicial é diferente do diâmetro do orifício de saída, a equação satisfaz o cálculo.

$$H_{esguicho} = \left(\frac{1}{C_v^2} - 1 \right) \frac{v^2}{2g} \quad (7)$$

Na equação tem-se:

- ‘H’ é a perda de carga medida em mca;
- ‘v’ é a velocidade, medida em metros cúbicos por segundo;
- ‘g’ é a aceleração da gravidade, em metros por segundo ao quadrado, adota-se o valor igual a 9,8 m/s²;
- ‘C_v’ é o coeficiente de velocidade. É a relação entre as velocidades nas extremidades do bocal, na prática utiliza-se o valor de 0,98.

Com relação ao cálculo da altura manométrica total, deve-se obedecer a Equação 8, ela mostra que a altura total é o somatório da perda de carga em tubulações, conexões, mais a altura de diferença entre a bomba de pressurização e o hidrante mais desfavorável e com as perdas de carga de mangueira e esguicho.

$$H_{TOTAL} = H + H_{geo} + H_{mangueira} + H_{esguicho} + P_{hman} \quad (8)$$

- ‘H_{TOTAL}’ perda de carga total (altura manométrica total);
- ‘H’ perda de carga de todas as tubulações;
- ‘H_{geo}’ é a altura entre a bomba de pressurização e o hidrante mais desfavorecido;
- ‘H_{mangueira}’ é a perda de carga na mangueira de incêndio;
- ‘H_{esguicho}’ é a perda de carga no bocal.
- ‘P_{hman}’ é a pressão mínima, em mca, que deve ter no hidrante mais desfavorável.

2.7.3.4 Cálculo da bomba de incêndio

A potência estimada para a bomba de pressurização para o sistema de hidrantes é dada através da Equação 9, em que relaciona, principalmente, a vazão e a altura manométrica total, de acordo com o cálculo feito através da Equação 8 (SOUZA, 2014).

$$P = \frac{\gamma \cdot Q \cdot H_{TOTAL}}{75 \cdot \eta} \quad (9)$$

As variáveis da Equação 9 são:

- ‘P’ é a potência do motor, calculada em cv (cavalo-vapor);
- ‘ γ ’ é o peso específico do líquido, em kgf/m³ (quilograma força por metro cúbico), normalmente utiliza-se o valor 1000 kgf/m³ para a água.
- ‘Q’ é a vazão requerida ao sistema, em m³/s (metros cúbicos por segundo);
- ‘H_{TOTAL}’ é a altura manométrica total calculada através da Equação 8, em mca;
- ‘ η ’ é o rendimento do motor.

2.8 Sistema de detecção e alarme

Os sistemas de detecção e alarme são compostos por elementos que são interligados de forma a emitirem sinais sonoros/visuais, controlar os dispositivos de segurança para o combate de incêndio automático na edificação. O detector deve funcionar em torno de três manifestações de incêndio, podendo ser fumaça, radiação de chama e elevação da temperatura do ambiente, dessa forma o alarme deve ser acionado por detectores automáticos ou por acionamento manual (UMINSKI, 2003 *apud* GOMES, 2014).

2.8.1 Sistema com acionamento manual

Para este tipo de sistema, a interferência humana se faz necessária para que o sistema entre em operação, os subsistemas que o compõem são (GOMES, 2014):

- Central de alarme: é o equipamento com designação para receber e processar os sinais vindos dos circuitos de detecção e alarme, informando ao operador de qual a localização o problema ocorreu e acionando o alarme do edifício. As centrais devem ter dispositivo de teste dos indicadores luminosos e acústicos, de forma que a localização da central deve ser projetada para que haja constante vigilância e fácil visualização. É obrigatório conter na central um

esquema ilustrativo ou um *display* que indique a localização dos acionadores manuais na área do prédio (CORPO DE BOMBEIROS MILITAR DO ESTADO CEARÁ, 2008f).

- Fonte de alimentação: é a fonte de energia para que o sistema de controle e indicação e os componentes que compõem este funcionem adequadamente (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2010). Todo o sistema deve conter duas fontes, a fonte principal deve ser a rede de tensão alternada e a secundária pode ser constituída por baterias ou *no-break*. Os parâmetros de autonomia mínima devem ser obedecidos, mesmo que a alimentação auxiliar seja feito por meio de gerador, sejam eles: 24 horas de autonomia mínima em regime de supervisão e com o alarme acionado deve ter no mínimo 15 minutos, de forma a suprir todo o sistema indicativo sonoro e visual ou o tempo de total evacuação do prédio (CORPO DE BOMBEIROS MILITAR DO ESTADO CEARÁ, 2008f).

- Acionadores manuais: são dispositivos que, por interferência humana, transmitem a informação de um início de incêndio (GOMES, 2014). A distância máxima que uma pessoa deve percorrer até o acionador mais próximo deve ser de 30 metros e preferencialmente devem ser instalados ao lado de hidrantes e no mínimo um aparelho em cada pavimento, desde que na edificação exista mais do que um pavimento. Em edifícios residenciais com mais de 23 metros de altura deverá ser instalado, junto ao sistema de interfone, um dispositivo que emita som ao mesmo tempo para todos os apartamentos, com sequência de 10 segundos e duração mínima de um minuto (CORPO DE BOMBEIROS MILITAR DO ESTADO CEARÁ, 2008f).

- Circuito de alarme: circuito que transmite os sinais e comandos dos detectores e avisadores para a central de alarme. Os eletrodutos e fiação do circuito deve ser dimensionada de acordo com a norma da ABNT NBR 17240/2010 (CORPO DE BOMBEIROS MILITAR DO ESTADO CEARÁ, 2008f).

- Avisadores acústicos e visuais: são dispositivos que emitem sinais sonoros ou visuais (através de luminosidade) para alertar sobre o perigo de permanecer naquele ambiente e que em algum local desta edificação está ocorrendo um início de incêndio.

2.8.2 Sistema com acionamento automático

Os detectores automáticos de incêndio são dispositivos que após atingir modificações específicas sejam elas químicas ou físicas, emitem um sinal à central de alarme

informando que no local está ocorrendo um princípio de incêndio. Podem atuar em três grupos de fenômenos (UMINSKI, 2003 *apud* GOMES, 2014):

- Detector de fumaça: são detectores utilizados para monitorar ambientes que contenham materiais de característica inicial de combustão, a liberação de fumaça. Os mais utilizados são do tipo óptico e iônico. Devem ser instalados em até oito metros de altura e área máxima de cobertura de 81 m² (esta área deve ser considerada um quadrado de nove metros de lado e inscrito em um círculo com raio de 6,30 metros) (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2010).

- Detector de temperatura: são dispositivos que emitem um sinal para a central de alarme quando em determinado ambiente a temperatura ultrapassa determinado valor (GOMES, 2014). Devem ser instalados a uma altura de até cinco metros e área de 36 m², sendo que pode ser considerado um quadrado de seis metros de lado, este circunscrito em um círculo com raio de 4,20 m (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2010).

- Detectores de chama: são dispositivos que detectam o surgimento de chama, atuando em caso de radiação visível ou não. A instalação deste dispositivo deve ser feita de forma que em seu campo de visão não existam objetos ou obstáculos que impeçam a detecção de forma rápida e eficiente. São utilizados principalmente em áreas que as chamas se alastram rapidamente como em hangares, áreas de armazenagem de materiais inflamáveis, instalações de gás combustível, além de áreas onde o vento possa dissipar a fumaça e o calor, atrapalhando a ação de detectores de fumaça e temperatura (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2010).

2.9 Sinalização de emergência

As placas de sinalização de emergência, quanto dimensões mínimas são apresentadas na norma da ABNT NBR 13434/2004, que é dividida em duas partes, sendo a primeira sobre os princípios do projeto de sinalização e a segunda parte expõe os símbolos, com suas dimensões e cores. A sinalização deve ser feita de material fotoluminescente, sinalizar equipamentos, rotas de fuga e saídas de emergência, deve sinalizar riscos pontuais e proibir situações que possam agravar um incêndio e também não devem ser fixadas em locais com poluição visual (EUSEBIO, 2011 *apud* GOMES, 2014). A sinalização básica é constituída de quatro tipos, distintas por sua aplicação e função, seja de proibição, alerta, orientação e

salvamento e sinalização de equipamentos de combate e alarme (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2004a).

2.9.1 Sinalização de proibição

Tem a função de proibir ações que podem dar início a um incêndio ou que possa levar ao seu alastramento. A sinalização deve ser instalada em locais de fácil visualização e a uma altura mínima de 1,80 m, e devem ter no máximo 15 metros de distância entre sinalizações (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2004a). Este tipo de sinalização deve ter características próprias e de acordo com a NBR 13434-2 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2004b): forma circular, cor branca como contraste, barra diametral e faixa circular na cor vermelha, o símbolo deve ser na cor preta e como característica opcional, uma margem na cor branca. A Tabela 16 mostra a sinalização de proibição disposta na norma citada acima, com informações de significado, forma e cor e a aplicação de cada uma.

Tabela 16 - Sinalização de Proibição

Código	Símbolo	Significado	Forma e cor	Aplicação
1		Proibido fumar	Símbolo: circular Fundo: branca Pictograma: preta Faixa circular e barra diametral: vermelhas	Todo local onde o fumo possa aumentar o risco de incêndio
2		Proibido produzir chama	Símbolo: circular Fundo: branca Pictograma: preta	Todo local onde a utilização de chama pode aumentar o risco de incêndio
3		Proibido utilizar água para apagar o fogo	Faixa circular e barra diametral: vermelhas	Qualquer situação onde o uso de água seja impróprio para extinguir o fogo

Código	Símbolo	Significado	Forma e cor	Aplicação
4		Proibido utilizar elevador em caso de incêndio	Símbolo: circular Fundo: branca Pictograma: preta Faixa circular e barra diametral: vermelhas	Nos locais de acesso aos elevadores comuns. Pode ser utilizada a mensagem "em caso de incêndio não use o elevador", quando for o caso

Fonte: Associação Brasileira de Normas Técnicas (2004b).

2.9.2 Sinalização de alerta

A principal função deste tipo de sinalização é alertar sobre áreas e materiais com alto risco, seja explosões, eletricidade, produtos químicos, etc. As placas devem ser instaladas a uma altura mínima de 1,80 m e distanciadas ao máximo de 15 metros (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2004a). A sinalização de alerta deve ter forma triangular, cor amarela para o contraste com o símbolo, moldura e símbolo na cor preta e margem opcional na cor amarela (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2004b). A Tabela 17 expõe exemplos de sinalizações de alerta e suas descrições.

Tabela 17 - Sinalização de alerta

Código	Símbolo	Significado	Forma e cor	Aplicação
5		Alerta geral	Símbolo: triangular Fundo: amarela Pictograma: preta	Toda vez que não houver símbolo específico de alerta, deve sempre estar acompanhado de mensagem escrita específica
6		Cuidado, risco de incêndio	Faixa triangular: preta	Próximo a materiais ou áreas com presença de produtos altamente inflamáveis
7		Cuidado, risco de explosão	Símbolo: triangular Fundo: amarela Pictograma: preta Faixa triangular: preta	Próximo a materiais ou áreas com presença de produtos (sólidos, gases ou vapores) com risco de explosão

Código	Símbolo	Significado	Forma e cor	Aplicação
8		Cuidado, risco de corrosão	Símbolo: triangular Fundo: amarela	Próximo a materiais ou áreas com presença de produtos corrosivos
9		Cuidado, risco de choque elétrico	Pictograma: preta Faixa triangular: preta	Próximo a instalações elétricas que ofereçam risco de choque
10		Cuidado, risco de radiação	Símbolo: triangular Fundo: amarela	Próximo a materiais ou áreas com presença de produtos radioativos
11		Cuidado, risco de exposição a produtos tóxicos	Pictograma: preta Faixa triangular: preta	Próximo a materiais ou áreas com presença de produtos tóxicos

Fonte: Associação Brasileira de Normas Técnicas (2004b).

2.9.3 Sinalização de orientação e salvamento

É a sinalização que indica as rotas de saída e fuga, que os ocupantes da edificação devem seguir em caso de algum sinistro e as ações que devem exercer para o seu acesso. Estas sinalizações devem indicar todas as mudanças de direção ou sentido das saídas, sendo que a localização da sinalização em portas de emergência deve ser logo acima, a 10 centímetros da verga e em caso de impossibilidade, afixá-la diretamente na folha da porta a uma altura de 1,80 m; em rotas de saída deve ser colocada de forma que em qualquer parte do percurso a sinalização esteja a uma distância de no máximo 7,5 metros; a sinalização em escadas de emergência com indicação do pavimento, deve estar a uma altura de 1,80 metros em relação ao piso; rotas de saída para deficientes também devem ser sinalizadas para tal (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2004b).

Tabela 18 - Sinalização de orientação e salvamento

Código	Símbolo	Significado	Forma e cor	Aplicação
12		Saída de emergência	Símbolo: retangular Fundo: verde Pictograma: fotoluminescente	Indicação do sentido (esquerda ou direita) de uma saída de emergência, especialmente para ser fixado em colunas. Dimensões mínimas: L = 1,5H.
13				Indicação do sentido (esquerda ou direita) de uma saída de emergência Dimensões mínimas: L = 2,0 H
14				Indicação de uma saída de emergência a ser afixada acima da porta, para indicar o seu acesso
15		Saída de emergência	Símbolo: retangular Fundo: verde Pictograma: fotoluminescente	a) indicação do sentido do acesso a uma saída que não esteja aparente b) indicação do sentido do uma saída por rampas c) indicação do sentido da saída na direção vertical (subindo ou descendo) NOTA -A seta indicativa deve ser posicionada de acordo com o sentido a ser sinalizado.
16		Escada de emergência	Símbolo: retangular Fundo: verde Pictograma: Fotoluminescente.	Indicação do sentido de fuga no interior das escadas. Indica direita ou esquerda, descendo ou subindo. O desenho indicativo deve ser posicionado de acordo com o sentido a ser sinalizado.

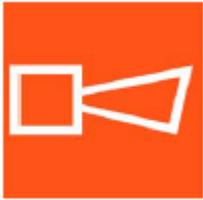
Código	Símbolo	Significado	Forma e cor	Aplicação
17		Saída de emergência	Símbolo: retangular Fundo: verde Mensagem “SAÍDA” e ou pictograma e ou seta direcional: fotoluminescente, com altura de letra sempre > 50 mm.	Indicação da saída de emergência, utilizada como complementação do pictograma fotoluminescente (seta ou imagem, ou ambos).
18		Saída de emergência	Símbolo: retangular Fundo: verde Mensagem “SAÍDA”: fotoluminescente, com altura de letra sempre > 50 mm.	Indicação da saída de emergência, utilizada como complementação do pictograma fotoluminescente (seta ou imagem, ou ambos).
19		Número do pavimento	Símbolo: retangular ou quadrado Fundo: verde Mensagem indicando número do pavimento, pode se formar pela associação de duas placas (por exemplo: 1o + SS = 1o SS), se Necessário.	Indicação do pavimento, no interior da escada (patamar).

Fonte: Associação Brasileira de Normas Técnicas (2004b).

2.9.4 Sinalização de equipamentos de combate a incêndio e alarme

O objetivo principal deste tipo de sinalização é fazer a indicação de quais tipos de equipamentos de combate a incêndio existem naquela edificação, sejam alarme, hidrantes, extintores e bomba de incêndio. Esta sinalização, como as outras, também deve ser instalada a uma altura mínima de 1,80 metros e acima do equipamento sinalizado. Quando houver objetos que dificultem a visualização da sinalização, ela deve ser repetida em uma altura que seja suficiente para que as pessoas vejam. A sinalização deve ser repetida, também, quando o equipamento (um extintor, por exemplo) for afixado em um pilar ou coluna, de forma que por todos os lados seja possível vê-la (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2004b). A Tabela 19 mostra as sinalizações para este fim.

Tabela 19 - Sinalização de equipamentos

Código	Símbolo	Significado	Forma e cor	Aplicação
20		Alarme sonoro		Indicação do local de instalação do alarme de incêndio.
21		Comando manual de alarme ou bomba de incêndio		Ponto de acionamento de alarme de incêndio ou bomba de incêndio. Deve vir sempre acompanhado de uma mensagem escrita, designando o equipamento acionado por aquele ponto.
22		Telefone ou interfone de emergência	Símbolo: quadrado Fundo: vermelha Pictograma: fotoluminescente	Indicação da posição do interfone para comunicação de situações de emergência a uma central.
23		Extintor de incêndio		Indicação de localização dos extintores de incêndio.
24		Mangotinho		Indicação de localização do Mangotinho.

Código	Símbolo	Significado	Forma e cor	Aplicação
25		Abriço de mangueira e hidrante	Símbolo: quadrado Fundo: vermelha Pictograma: fotoluminescente	Indicação do abrigo da mangueira de incêndio com ou sem hidrante no seu interior.
26		Hidrante de incêndio	Símbolo: quadrado Fundo: vermelha	Indicação da localização do hidrante quando instalado fora do abrigo de mangueiras.
27		Válvula de controle do sistema de chuveiros automáticos	Pictograma: fotoluminescente	Indicação da localização da válvula de controle do sistema de chuveiros automáticos.

Fonte: Associação Brasileira de Normas Técnicas (2004b).

Também dispostas na NBR 13434-2, as faixas para sinalização de obstáculos que estejam nas rotas de saída. Em ambientes externos ou internos com iluminação de emergência deve ser utilizada a sinalização A1 e A2, e para ambientes com iluminação artificial, porém com ausência de iluminação de emergência deve ser utilizada as faixas B1 e B2 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2004b). A Tabela 20 mostra o código, o uso, o símbolo e a aplicação dessa sinalização.

Tabela 20 - Simbologia para obstáculos

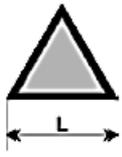
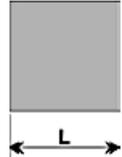
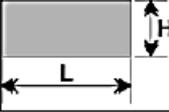
Código	Símbolo	Significado	Forma e cor	Aplicação
A1/A2		Indicação de obstáculo nas rotas de saída	Faixas: Amarela e Preta	Ambientes externos ou internos com iluminação de emergência.
B1/B2		Indicação de obstáculo nas rotas de saída	Faixas: Branca e vermelha Pictograma: Fotoluminescente	Ambientes com iluminação artificial, quando em situação normal, mas sem iluminação de emergência.

Fonte: Próprio autor.

2.9.5 Dimensões das placas de sinalização

A norma ABNT NBR 13434-2/2004 formaliza as dimensões que as placas de sinalização de proibição, alerta, orientação e salvamentos e a que trata de equipamentos de combate devem ter. A Tabela 21 expõe esses valores de forma clara.

Tabela 21 - Dimensionamento mínimo de placas de sinalização

Sinal	Forma geométrica	Cota mm	Distância máxima de visibilidade m											
			4	6	8	10	12	14	16	18	20	24	28	30
Proibição		D	101	151	202	252	303	353	404	454	505	606	706	757
Alerta		L	136	204	272	340	408	476	544	612	680	816	951	1019
Orientação, salvamento e equipamentos		L	89	134	179	224	268	313	358	402	447	537	626	671
		H (L=2H)	63	95	126	158	190	221	253	285	316	379	443	474

¹⁾ As dimensões (cotas) apresentadas são valores mínimos de referência para as distâncias dadas.

Fonte: Associação Brasileira de Normas Técnicas (2004b).

2.10 Brigada de incêndio

Por mais que existam sistemas de proteção a incêndio, como os extintores e hidrantes na edificação, o manuseio incorreto destes equipamentos pode não impedir ou até mesmo agravar um princípio de incêndio. Dessa maneira, pessoas com contato direto ao prédio devem receber treinamento para desenvolver conhecimentos básicos para operação dos

sistemas, podendo atuar de forma eficiente em algum caso de início de incêndio. As pessoas designadas para este fim são chamadas de brigadistas, podendo ser voluntárias ou não e que são treinadas para o combate primário e a prestação de primeiros socorros. A norma da ABNT, NBR 14276/2006 contém todo o dimensionamento de brigadas de incêndio (GOMES, 2014). De acordo com a nova norma do CBMCE, NT 018/2016, através da portaria N°239/2016, que estabelece os requisitos para prédios construídos antes da vigência da Lei 13.556 de 2004, desfaz a obrigatoriedade de brigada de incêndio para edificações do grupo A-2.

2.11 Sistema de Proteção contra Descargas Atmosféricas (SPDA)

O sistema de proteção contra descargas atmosféricas tem como objetivo a proteção da edificação contra a incidência direta, estas que podem causar danos tanto físicos quanto patrimoniais. Com respeito a normalização desse sistema, a ABNT fixou novas regras de gerenciamento de risco e instalação na nova norma NBR 5419/2015 perante a versão antiga de dez anos antes. No Brasil também existe o Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), que dentre seus estudos, está a incidência de descargas atmosféricas no país, apontando dessa forma estatísticas que auxiliam no projeto de SPDA. Este sistema é distinguido por classes de proteção: I, II, III e IV, sendo o nível I o mais protegido.

2.11.1 Danos gerados por descargas atmosféricas

Para causar danos a uma edificação, os raios não necessariamente precisam atingir de forma direta a edificação, pois deve-se considerar os danos causados, para o caso de a descarga atmosférica acontecer próximo a edificação ou até mesmo nas linhas de eletricidade ou tubulações metálicas que tenham contato com a edificação. A NBR 5419/2015 exhibe as fontes de dano e as divide em quatro (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2015b):

- S1: descargas atmosféricas diretamente na estrutura;
- S2: descargas atmosféricas próximas à estrutura;
- S3: descargas atmosféricas diretamente em linhas de energia ligadas à estrutura;
- S4: descargas atmosféricas próximas às linhas de energia ligadas à estrutura.

A fonte de dano S1 é a que causa maiores danificações na estrutura e junto com a fonte de dano S3 pode acarretar em perda de vidas humanas, já as fontes S2 e S4 têm mais probabilidade de causar danos materiais ou mau funcionamento de equipamentos existentes na estrutura.

Os tipos de danos são divididos em três categorias, sendo que podem ser limitados a uma parte da estrutura ou pode comprometer a estrutura por completo, assim o tipo de construção, o que há no edifício, tipos de serviços e medidas de proteção já existentes devem ser levadas em consideração (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2015b). São eles:

- D1: lesões em seres humanos e/ou animais por choque elétrico;
- D2: danos físicos com relação a corrente elétrica da descarga atmosférica, que pode causar explosão, incêndio, etc. (SOUZA, 2016).
- D3: falhas de sistemas eletroeletrônicos, devido campo magnético do raio.

Os danos citados acima, podem causar perdas à estrutura dependendo das características da estrutura e do que há nela. Para cada tipo de dano podem ser causados quatro tipos de perda, expostas abaixo (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2015b). A tabela 22 exhibe cada fonte, dano causado e suas respectivas perdas.

- L1: perda de vida humana, incluindo ferimentos permanentes;
- L2: perda de serviço ao público;
- L3: perda de patrimônio cultural;
- L4: perda econômica (estrutura, bens materiais e paradas de atividades).

Tabela 22 - Fontes de dano, tipos de dano e tipos de perdas de acordo com o local de impacto

Local de impacto	Fonte de dano	Tipo de dano	Tipo de perda
Estrutura	S1	D1	L1, L4 ¹
		D2	L1, L2, L3 e L4
		D3	L1 ² , L2, L4
Próximo à estrutura	S2	D3	L1 ² , L2, L4
Linhas elétricas ou tubulações metálicas conectadas à estrutura	S3	D1	L1, L4 ¹
		D2	L1, L2, L3 e L4
		D3	L1 ² , L2, L4
Próximo a linhas elétricas ou tubulações metálicas conectadas à estrutura	S4	D3	L1 ² , L2, L4
¹ somente propriedades com perda de animais			
² somente para estruturas com risco de explosão, hospitais			

Fonte: SOUZA (2016).

2.11.2 Necessidade de proteção

Para averiguar a necessidade de instalação de um SPDA na edificação, quatro tipos de riscos são definidos. Os riscos são estabelecidos pela NBR 5419-2/2015 e diretamente ligados às perdas (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2015b):

- R1: risco de perda de vida humana, incluindo ferimentos permanentes;
- R2: risco de perda de serviço ao público;
- R3: risco de perda de patrimônio cultural;
- R4: risco de perda econômica (estrutura, bens materiais e paradas de atividades).

A componente de risco R4 apenas é considerada quando existe vantagem econômica com a instalação do sistema. Os riscos são valores relativos a uma perda média anual, dessa forma os valores são avaliados e se ultrapassarem o valor de tolerância haverá a necessidade de instalação do sistema. A Tabela 23 expressa os valores toleráveis para cada tipo de perda (SOUZA, 2016).

Tabela 23 - Valores de risco toleráveis

Tipo de Perda	Risco Tolerável
L1 – Perda de vida humana ou ferimentos permanentes	10^{-5}
L2 – Perda de serviço ao público	10^{-3}
L3 – Perda de patrimônio cultural	10^{-4}

Fonte: SOUZA (2016).

Para a perda L4 o valor de risco tolerável é fixado em 10^{-3} para o caso de os dados para cotejo de custo/benefício não sejam cedidos (SOUZA, 2016).

2.11.3 Componentes de risco

Cada risco é uma somatória de outros componentes que o formam, cada componente de risco é agrupado de acordo com as fontes e os tipos de danos. Os componentes de risco são divididos para as quatro fontes de dano já mencionadas anteriormente (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2015). Para a fonte de dano S1, tem-se:

- R_A : Componente relativo a lesões causadas em seres vivos, através de choque elétrico por tensão de toque e passo dentro da estrutura e ao redor dos condutores de descida e é relativo às perdas de tipo L1 e L4 para casos de perdas de animais.

- R_B : Componente relativo a danos físicos causados por centelhamento que possam iniciar incêndio e/ou explosão na estrutura, e todos os tipos de perdas estão associadas a este componente.

- R_C : Componente referente a danos em equipamentos que sejam causados por impulsos eletromagnéticos provindos da alta corrente elétrica do raio, e se relaciona com as perdas L2 e L4 para casos gerais e com a L1 para casos que há risco de explosão.

Para a fonte de dano S2, as componentes de risco segundo a NBR 5419-2/2015 (2015b), são:

- R_M : este componente é similar ao componente R_C já apresentado.

Para a fonte de dano S3, as componentes de risco segundo a NBR 5419-2/2015 (2015b), são:

- R_U : Componente relativo a lesões causadas por choque elétrico devido tensões de toque e passo, provenientes de descarga atmosférica direta na rede de eletricidade. Refere-se às perdas L1 e L4, sendo esta última para casos de propriedades agrícolas com possibilidade de perda de animais.

- R_V : Componente relacionado a possibilidade de incêndios ou explosões na edificação, causados por aumento brusco de corrente devido a raios que atinjam diretamente a rede elétrica que alimenta o prédio. Este componente está relacionado com todos os tipos de perda.

- R_W : Componente relativo a danos em equipamentos, por conta de sobretensões causadas na rede elétrica, devido a ocorrência direta de descargas atmosféricas na linha. Relaciona-se às perdas L2 e L4 e também a L1 para estruturas com risco de explosão e hospitais e estruturas que as falhas em equipamentos põem em risco vidas humanas.

Para a fonte de dano S4, as componentes de risco segundo a NBR 5419-2/2015 (2015b), são:

- R_Z : este componente é similar ao componente R_W já apresentado.

Os riscos são calculados através da soma dos componentes de risco, levando em consideração os tipos de perdas. A Equação 10 refere-se ao risco R1 que trata de perdas de vida humana; a Equação 11 refere-se ao risco R2 que trata perdas de serviço ao público; a Equação

12 trata do risco R3 sobre perdas de patrimônio cultural e a Equação 13 trata do risco R4 sobre perdas de valor econômico.

$$R_1 = R_{A1} + R_{B1} + R_{C1}^1 + R_{M1}^1 + R_{U1} + R_{V1} + R_{W1}^1 + R_{Z1}^1 \quad (10)$$

$$R_2 = R_{B2} + R_{C2} + R_{M2} + R_{V2} + R_{W2} + R_{Z2} \quad (11)$$

$$R_3 = R_{B3} + R_{V3} \quad (12)$$

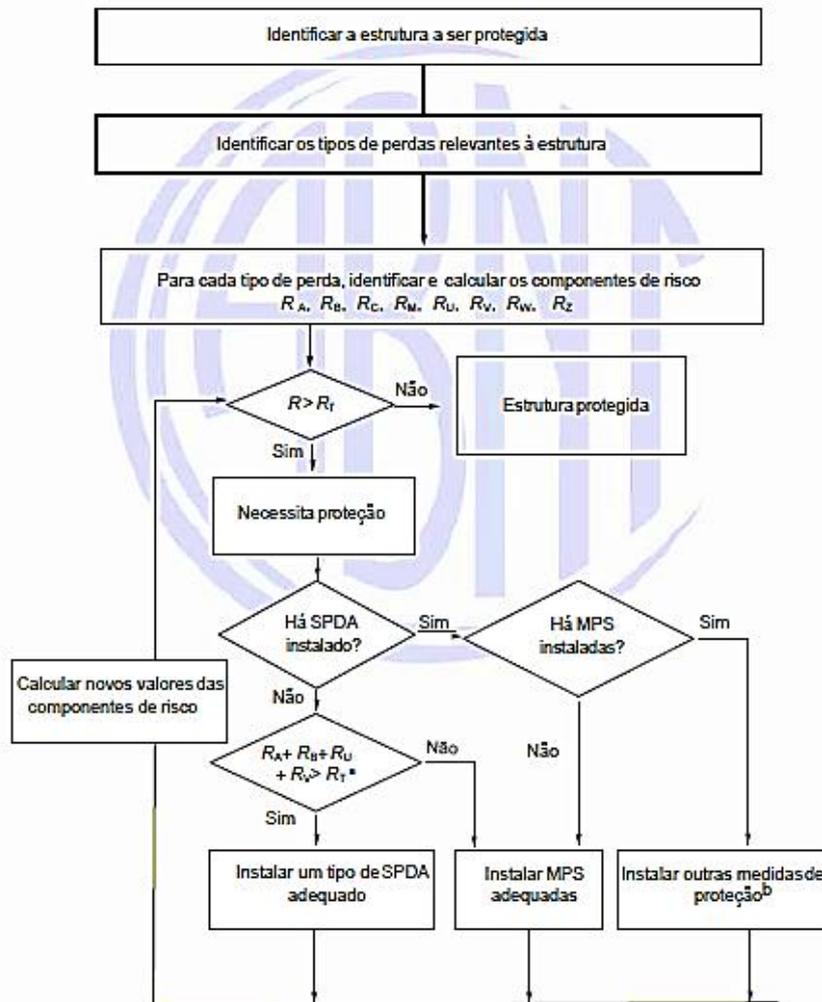
$$R_4 = R_{A4}^2 + R_{B4} + R_{C4} + R_{M4} + R_{U4}^2 + R_{V4} + R_{W4} + R_{Z4} \quad (13)$$

As componentes de risco que contenham sobrescrito ¹ não devem ser consideradas caso a estrutura não corra risco de explosão ou seja um hospital ou estrutura que com falhas nos equipamentos podem colocar vidas humanas em perigo. As componentes de risco que contenham o sobrescrito ² só farão parte do risco R4, caso exista possibilidade de perda de animais.

2.11.4 Fluxograma de gerenciamento de risco

A norma NBR 5419-2/2015 (2015b) mostra um fluxograma com o procedimento para determinação de necessidade de SPDA. Caso a edificação necessite de proteção, o fluxograma também indica o sistema que deve ser adotado, podendo ser completo ou até mesmo, o uso de Medidas de Proteção contra Surtos (MPS).

Figura 9 - Fluxograma de gerenciamento dos riscos e necessidade de instalação de SPDA



Fonte: Associação Brasileira de Normas Técnicas (2015b).

“Se $R_A + R_B < R_T$, um SPDA completo não é necessário; neste caso um Dispositivo de Proteção contra Surtos (DPS) de acordo com a ABNT NBR 5419-4 é suficiente.” (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2015b).

2.11.5 Análise de componentes de risco

2.11.5.1 Análise das componentes de risco para fonte de danos S1

Nesta seção aplica-se as equações para cálculo das componentes de risco R_A , R_B e R_C . Sendo R_A relacionado a lesões a seres vivos por meio de choque elétrico (dano D1), R_B é relacionado a danos físicos (dano D2) e R_C é relacionado às falhas em equipamentos ou sistemas

internos (dano D3). Os termos que compõem as componentes de risco a seguir serão conceituadas nos próximos tópicos.

$$R_A = N_D \cdot P_A \cdot L_A \quad (14)$$

$$R_B = N_D \cdot P_B \cdot L_B \quad (15)$$

$$R_C = N_D \cdot P_C \cdot L_C \quad (16)$$

2.11.5.2 *Análise das componentes de risco para fonte de danos S2*

A Equação que compõe a componente para esta fonte de dano é a R_M , devido às descargas atmosféricas no entorno da edificação (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2015b). Os termos da equação serão avaliados nos tópicos seguintes.

$$R_M = N_M \cdot P_M \cdot L_M \quad (17)$$

2.11.5.3 *Análise das componentes de risco para fonte de danos S3*

As componentes de risco para a fonte de danos S3 se relacionam com o dano D1 através da componente R_U , com o dano D2 através da componente R_V e com o dano D3 com a componente R_W , em que são expostas através das equações 18, 19 e 20. Os termos das Equações 18, 19 e 20 serão analisados nos próximos tópicos.

$$R_U = (N_L + N_{DJ}) \cdot P_U \cdot L_U \quad (18)$$

$$R_V = (N_L + N_{DJ}) \cdot P_V \cdot L_V \quad (19)$$

$$R_W = (N_L + N_{DJ}) \cdot P_W \cdot L_W \quad (20)$$

2.11.5.4 *Análise das componentes de risco para fonte de danos S4*

A Equação 21 mostra a componente de risco devido às descargas atmosféricas próximas a uma linha que esteja conectada à estrutura (dano D3) (ASSOCIAÇÃO

BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2015b). Os termos que conceituam a Equação 21 serão apresentados nos próximos tópicos.

$$R_Z = N_I \cdot P_Z \cdot L_Z \quad (21)$$

2.11.6 *Análise do número médio anual de eventos perigosos N_D devido a raios na estrutura e N_{DJ} para estruturas adjacentes*

Os números N_D e N_{DJ} são compostos por outras variáveis, que juntas formam esse valor diretamente influenciado pelas características físicas da estrutura e pelo histórico de raios na região onde está situada a edificação. O primeiro a ser calculado é a área de exposição A_D e em seguida, através dos dados do mapa isocerâunico disposto no site do INPE, é visto o valor de N_G para a região que o prédio foi construído. N_G é um número que mostra a quantidade de raios em uma determinada região no período de um ano (medido em $1/\text{km}^2 \cdot \text{ano}$).

A área de exposição, A_D , é calculada através das dimensões da estrutura, deve-se conhecer o comprimento (L), a largura (W) e a altura (H), ambos expressos em metros (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2015b). A Equação 22 se refere ao valor A_D .

$$A_D = L \cdot W + 2 \cdot (3 \cdot H) \cdot (L + W) + \pi \cdot (3 \cdot H)^2 \quad (22)$$

Para casos em que a estrutura não é em formato retangular, a Equação utilizando a altura de saliência H_P (do piso até o ponto mais alto da edificação) deve ser calculada e para o valor de A_D ser utilizado o maior valor.

$$A_D' = \pi \cdot (3 \cdot H_P)^2 \quad (23)$$

O fator de localização, C_D , é determinado através da avaliação das estruturas no entorno do edifício a ser protegido, a Tabela 24 que foi retirada da norma NBR 5419-2/2015 mostra os valores de C_D para as localizações relativas.

Tabela 24 - Fator de localização C_D

Localização relativa	C_D
Estrutura cercada por objetos mais altos	0,25
Estrutura cercada por objetos da mesma altura ou mais baixos	0,5
Estrutura isolada: nenhum outro objeto nas vizinhanças	1
Estrutura isolada no topo de uma colina ou monte	2

Fonte: Associação Brasileira de Normas Técnicas (2015b).

Sabendo os valores de A_D e C_D , torna-se possível calcular o valor de N_D , conforme a Equação 24 provinda da norma NBR 5419-2/2015.

$$N_D = N_G \cdot A_D \cdot C_D \cdot 10^{-6} \quad (24)$$

Para o cálculo no número de eventos perigosos para estruturas adjacentes (N_{DJ}) deve ser considerado um fator que relaciona o tipo de linha de energia alimenta a edificação (C_T), a área de exposição para a estrutura adjacente (A_{DJ}) (fórmula idêntica a utilizada para o cálculo de A_D , porém para a outra estrutura) e a localização relativa da estrutura adjacente (C_{DJ}). A Equação 24 exibe o valor de N_{DJ} .

$$N_{DJ} = N_G \cdot A_{DJ} \cdot C_{DJ} \cdot C_T \cdot 10^{-6} \quad (24)$$

A Tabela 25 mostra os valores de C_T que se refere ao tipo de instalação da linha.

Tabela 25 - Fator tipo de linha C_T

Instalação	C_T
Linha de energia ou sinal	1
Linha de energia em AT (com transformador AT/BT)	0,2

Fonte: SOUZA (2016).

2.11.7 Análise do número médio anual de eventos perigosos N_M devido a raios perto da estrutura

N_M é um valor médio dependente de duas variáveis, uma delas o N_G , já exposto anteriormente e o A_M que é a área de exposição de raios que podem atingir locais próximos à estrutura. Na equação correspondente a A_M é considerada uma distância total de 500 metros do perímetro da estrutura (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2015b). A Equação 25 trata do fator A_M e a Equação 26 de N_G .

$$A_M = 2 \cdot 500 \cdot (L + W) + \pi \cdot 500^2 \quad (25)$$

$$N_M = N_G \cdot A_M \cdot 10^{-6} \quad (26)$$

2.11.8 Análise do número médio anual de eventos perigosos N_L devido a raios diretamente na linha

O valor de N_L é calculado de acordo com o comprimento, instalação, tipo de linha, além da questão ambiental em que a linha e a estrutura estão contidas. A Equação 27 expõe como o valor de N_L deve ser calculado.

$$N_L = N_G \cdot A_L \cdot C_I \cdot C_E \cdot C_T \cdot 10^{-6} \quad (27)$$

O fator A_L é a área de exposição da linha, calculada através da Equação 28 e dependente da variável L_L que é o comprimento da seção da linha, podendo ser utilizado um valor entre 500 e 1000 metros em caso de desconhecimento do valor exato (SOUZA, 2016).

$$A_L = 40 \cdot L_L \quad (28)$$

O fator de instalação da linha (C_I) é provindo da Tabela 26, determinando o roteamento da linha para o tipo de linha visto na Tabela 25. O ambiente que a linha está inserida é avaliada através da Tabela 27, que mostra valores para o fator ambiental (C_E).

Tabela 26 - Fator de instalação da linha C_I

Roteamento	C_I
Aéreo	1
Enterrado	0,5
Cabos enterrados instalados completamente dentro de uma malha de aterramento (ABNT NBR 5419-4:2015, 5.2)	0,01

Fonte: Associação Brasileira de Normas Técnicas (2015b).

Tabela 27 - Fator ambiental C_E

Ambiente	C_E
Rural	1
Suburbano	0,5
Urbano	0,1
Urbano com edifícios mais altos que 20 m	0,01

Fonte: Associação Brasileira de Normas Técnicas (2015b).

2.11.9 Análise do número médio anual de eventos perigosos N_I devido a raios próximos à linha

O valor N_I é calculado de forma idêntica ao N_L , sendo que o que difere é a área de exposição equivalente (A_I) que leva em consideração o entorno da linha. A Equação 29 mostra o valor de A_I e a Equação 30 refere-se a N_I .

$$A_I = 4000 \cdot L_L \quad (29)$$

$$N_I = N_G \cdot A_I \cdot C_I \cdot C_E \cdot C_T \cdot 10^{-6} \quad (30)$$

Valores de L_L , C_I , C_E e C_T devem ser utilizados da mesma forma que foram expostos anteriormente.

2.11.10 Análise da probabilidade P_X de danos

2.11.10.1 Probabilidade P_A

O valor da probabilidade P_A de uma descarga atmosférica causar lesões a seres humanos por meio de choque elétrico depende do SPDA utilizado e das medidas de proteção adicionais que serão utilizadas (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2015b). A Equação 31 mostra as variáveis que compõem P_A , que são P_{TA} e P_B , a primeira são as medidas de proteção adicionais (Tabela 28) e a segunda representa o tipo de SPDA adotado (Tabela 29).

$$P_A = P_{TA} \cdot P_B \quad (31)$$

Tabela 28 - Valores de P_{TA}

Medida de proteção adicional	P_{TA}
Nenhuma medida de proteção	1
Avisos de alerta	10^{-1}
Isolação elétrica (por exemplo, de menos de 3mm de polietileno reticulado das partes expostas, como condutores de descidas)	10^{-2}
Equipotencialização efetiva do solo	10^{-2}
Restrições físicas ou estrutura do edifício utilizada como subsistema de descida	0

Fonte: Associação Brasileira de Normas Técnicas (2015b).

Tabela 29 - Valores de P_B

Característica da estrutura	Classe do SPDA	P_B
Estrutura não protegida por SPDA	-	1
Estrutura protegida por SPDA	IV	0,2
	III	0,1
	II	0,05
	I	0,02
Estrutura com subsistema de captação conforme SPDA classe I e com estrutura metálica contínua ou de concreto armado atuando como subsistema de descida natural		0,01
Estrutura com cobertura metálica e um subsistema de captação, possivelmente incluindo componentes naturais, com proteção completa de qualquer instalação na cobertura contra descargas atmosféricas diretas e uma estrutura metálica contínua ou de concreto armado atuando como subsistema de descida natural		0,001

Fonte: Associação Brasileira de Normas Técnicas (2015b).

2.11.10.2 Probabilidade P_C

A Equação 32 mostra o valor de probabilidade P_C de uma descarga atmosférica causar defeitos em sistemas e equipamentos internos da edificação. Uma forma de diminuir o valor de P_C pode ser utilizando um Dispositivo de Proteção contra Surtos (DPS) coordenado. A equação depende do sistema DPS utilizado (P_{SPD}) conforme a NBR 5419-4/2015 (Tabela 30) e do fator que depende da blindagem, aterramento e isolamento (C_{LD}) da linha que está conectada na edificação (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2015b).

$$P_C = P_{SPD} \cdot C_{LD} \quad (32)$$

Tabela 30 - Valores de P_{SPD}

Nível de Proteção (NP)	P_{SPD}
Nenhum sistema de DPS coordenado	1
III – IV	0,05
II	0,02
I	0,01
NOTA 2	0,005 – 0,001

Fonte: Associação Brasileira de Normas Técnicas (2015b).

Tabela 31 - Valores de C_{LD} e C_{LI}

Tipo de linha externa	Conexão na entrada	C_{LD}	C_{LI}
Linha aérea não blindada	Indefinida	1	1
Linha enterrada não blindada	Indefinida	1	1
Linha de energia com neutro multiaterrado	Nenhuma	1	0,2
Linha enterrada blindada (energia ou sinal)	Blindagem não interligada ao mesmo barramento de equipotencialização que o equipamento	1	0,3
Linha aérea blindada (energia ou sinal)	Blindagem não interligada ao mesmo barramento de equipotencialização que o equipamento	1	0,1
Linha enterrada blindada (energia ou sinal)	Blindagem interligada ao mesmo barramento de equipotencialização que o equipamento	1	0
Linha aérea blindada (energia ou sinal)	Blindagem interligada ao mesmo barramento de equipotencialização que o equipamento	1	0
Cabo protegido contra descargas atmosféricas ou cabeamento em dutos para cabos protegido contra descargas atmosféricas, eletrodutos metálicos ou tubos metálicos	Blindagem interligada ao mesmo barramento de equipotencialização que o equipamento	0	0
(Nenhuma linha externa)	Sem conexão com linhas externas (sistemas independentes)	0	0
Qualquer tipo	Interfaces isolantes de acordo com ABNT NBR 5419-4	0	0

Fonte: Associação Brasileira de Normas Técnicas (2015b).

A “nota 2” na Tabela 30 faz referência a “nota 2” da Tabela 3 do Apêndice B da norma ABNT NBR 5419-2/2015, que informa que os valores de P_{SPD} podem ser reduzidos, dentro daquele intervalo, desde que os DPS utilizados tenham características melhores para proteção e deve ser lembrado que o nível I de DPS é o que garante maior segurança (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2015b).

2.11.10.3 Probabilidade P_M

O valor da probabilidade P_M de uma descarga atmosférica próxima a edificação causar falhas em equipamentos internos depende diretamente das MPS adotadas. Esta probabilidade depende também de qual sistema de DPS está incluso na estrutura (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2015b). A Equação 33 se refere à probabilidade P_M .

$$P_M = P_{SPD} \cdot P_{MS} = P_{SPD} \cdot (K_{S1} \cdot K_{S2} \cdot K_{S3} \cdot K_{S4})^2 \quad (33)$$

O fator P_{SPD} já foi apresentado anteriormente e o fator P_{MS} é atribuído ao quadrado do produto de quatro parâmetros que levam em consideração eficiência nas blindagens da

malha, características da fiação interna. Os quatro parâmetros são definidos de acordo com a norma ABNT NBR 5419-2/2015 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2015b):

- K_{S1} : considera a eficiência da blindagem por malha, SPDA ou outra blindagem;
- K_{S2} : considera a eficiência da blindagem por malha de blindagem interna a estrutura;
- K_{S3} : considera as características da fiação interna a edificação (Tabela 32);
- K_{S4} : considera a tensão suportável de impulso do sistema que será protegido.

Os parâmetros K_{S1} e K_{S2} tomam valores através das equações 34 e 35, respectivamente. As variáveis w_{m1} e w_{m2} são larguras de blindagem em forma de grade, ou dos condutores de descida do SPDA tipo malha ou o espaçamento das colunas metálicas da estrutura (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2015b).

$$K_{S1} = 0,12 \cdot w_{m1} \quad (34)$$

$$K_{S1} = 0,12 \cdot w_{m2} \quad (35)$$

O parâmetro K_{S3} tem valores dados a partir da Tabela 32 retirados da norma ABNT NBR 5419-2/2015.

Tabela 32 - Valores de K_{S3}

Tipo de fiação interna	K_{S3}
Cabo não blindado – sem preocupação no roteamento no sentido de evitar laços ¹	1
Cabo não blindado – preocupação no roteamento no sentido de evitar grandes laços ²	0,2
Cabo não blindado – preocupação no roteamento no sentido de evitar laços ³	0,01
Cabos blindados e cabos instalados em eletrodutos metálicos ⁴	0,0001
¹ condutores em laços com diferentes roteamentos em grandes edifícios (área do laço da ordem de 50m ²)	
² condutores em laços roteados em um mesmo eletroduto ou condutores em laço com diferentes roteamentos em edifícios pequenos (área de laço na ordem de 10 m ²)	
³ condutores em laço roteados em um mesmo cabo (área do laço na ordem de 0,5m ²)	
⁴ blindados e eletrodutos metálicos interligados a um barramento de equipotencialização em ambas extremidades e equipamentos estão conectados no mesmo barramento de equipotencialização	

Fonte: Associação Brasileira de Normas Técnicas (2015b).

O parâmetro K_{S4} tem valor de acordo com a Equação 36 e depende do fator U_w , que é a tensão suportável nominal de impulso do sistema que será protegido (SOUZA, 2016).

$$K_{S4} = \frac{1}{U_w} \quad (36)$$

2.11.10.4 Probabilidade P_U

É a probabilidade de uma descarga atmosférica, em uma linha conectada a edificação, causar lesões por choque elétrico nos seres vivos que possam estar no local. A probabilidade P_U depende do valor referente às medidas de proteção contra tensões de toque (P_{TU}) mostrado na Tabela 33, também depende do valor da probabilidade P_{EB} em função do nível de proteção para o sistema DPS utilizado (Tabela 34), e do fator referente a blindagem, aterramento e isolamento da linha, apresentado na Tabela 31 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2015b). A Equação 37 mostra o valor de P_U . A Tabela 34 mostra os valores de P_{LD} de acordo com a tensão suportável.

$$P_U = P_{TU} \cdot P_{EB} \cdot P_{LD} \cdot C_{LD} \quad (37)$$

Tabela 33 - Valores de P_{TU}

Medidas de Proteção	P_{TU}
Nenhuma medida de proteção	1
Avisos visíveis de alerta	0,1
Isolação elétrica	0,01
Restrições físicas	0

Fonte: Associação Brasileira de Normas Técnicas (2015b).

Em casos de a edificação conter mais de uma medida de proteção, deve-se fazer o produto dos dois valores e o resultado será o valor de P_{TU} .

Tabela 34 - Valores de P_{EB}

Nível de Proteção	P_{EB}
Sem DPS	1
III – IV	0,05
II	0,02
I	0,01
NOTA 4	0,005 – 0,001

Fonte: Associação Brasileira de Normas Técnicas (2015b).

Como para o caso de P_{SPD} , a “nota 4” na Tabela 34 faz referência a “nota 4” da Tabela 7 do Apêndice B da norma ABNT NBR 5419-2/2015, a qual informa que os valores de P_{EB} podem ser reduzidos, dentro daquele intervalo, desde que os DPS utilizados tenham características melhores para proteção (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2015b).

Tabela 35 - Valores de P_{LD}

Tipo de linha	Condições do roteamento, blindagem e interligação		Tensão suportável U_w em kV				
			1	1,5	2,5	4	6
Linhas de energia ou sinal	Linha aérea ou enterrada, não blindada ou com a blindagem não interligada ao mesmo barramento de equipotencialização do equipamento		1	1	1	1	1
	Blindada aérea ou enterrada cuja blindagem está interligada ao mesmo barramento de equipotencialização do equipamento	$5\Omega/\text{km} < R_s \leq 20\Omega/\text{km}$	1	1	0,95	0,9	0,8
		$1\Omega/\text{km} < R_s \leq 5\Omega/\text{km}$	0,9	0,8	0,6	0,3	0,1
		$R_s \leq 1\Omega/\text{km}$	0,6	0,4	0,2	0,04	0,02

Fonte: Associação Brasileira de Normas Técnicas (2015b).

2.11.10.5 Probabilidade P_V

É a probabilidade de um raio atingir uma linha que está conectada a estrutura e causar danos físicos, e seu valor depende das características da linha, da tensão suportável (U_w) e os sistemas DPS instalados (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2015b). Os parâmetros que compõem a equação da probabilidade P_V (Equação 38) já foram apresentados anteriormente e são: P_{EB} (Tabela 34), P_{LD} (Tabela 35) e C_{LD} (Tabela 31).

$$P_V = P_{EB} \cdot P_{LD} \cdot C_{LD} \quad (38)$$

2.11.10.6 Probabilidade P_W

É o valor de probabilidade que uma descarga atmosférica em uma linha tem de causar danos a equipamentos na edificação (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2015b). A Equação 39 expõe este valor, e os parâmetros que o formam, sendo que P_{SPD} , P_{LD} e C_{LD} já foram definidos e têm seus valores nas Tabelas 30, 35 e 31, respectivamente.

$$P_W = P_{SPD} \cdot P_{LD} \cdot C_{LD} \quad (39)$$

2.11.10.7 Probabilidade P_Z

Exprime o valor de probabilidade de uma descarga próxima a uma linha conectada a estrutura que cause problemas e danifique equipamentos internos. As variáveis que constituem a Equação 40, referente ao valor de P_Z , dependem do sistema DPS adotado (P_{SPD}), da probabilidade de falha a sistemas internos (P_{LI}) e do fator dependente das condições da linha, sejam de blindagem, aterramento e isolamento (C_{LI}), e estão dispostos nas Tabelas 30, 36 e 31, respectivamente (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2015b).

$$P_Z = P_{SPD} \cdot P_{LI} \cdot C_{LI} \quad (40)$$

Tabela 36 - Valores de P_{LI}

Tipo de Linha	Tensão suportável U_w em kV				
	1	1,5	2,5	4	6
Linhas de energia	1	0,6	0,3	0,16	0,1
Linhas de sinais	1	0,5	0,2	0,08	0,04

Fonte: Associação Brasileira de Normas Técnicas (2015b).

2.11.11 Análise de quantidade de perda L_X

De acordo a ABNT (2015b), através da norma NBR 5419-2: “A perda L_X se refere à quantidade relativa média de um tipo particular de dano para um evento perigoso causado por uma descarga atmosférica [...]”. O valor de L_X varia de acordo com o tipo de perda e cada uma delas varia em relação ao tipo de dano (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2015b). As considerações para cada tipo de perda são:

- L1: número de pessoas em perigo de perda da vida ou ter lesões permanentes;
- L2: número de pessoas afetadas pela falta do serviço ao público;
- L3: valor econômico de acordo com o patrimônio cultural existente na estrutura;
- L4: valor econômico de acordo com a presença de animais, do conteúdo do edifício e sistemas existentes.

2.11.11.1 Tipo de perda L1 (perda de vida humana)

Para cada tipo de dano existem uma ou mais equações que quantificam a perda típica referente ao tipo L1. Para o tipo de dano D1 existem duas variáveis de mesmo valor numérico: L_A e L_U . A Equação 40 exibe como as duas variáveis são calculadas.

$$L_A = L_U = r_t \cdot L_T \cdot \left(n_z / n_t \right) \cdot \left(t_z / 8760 \right) \quad (41)$$

O fator r_t é um valor que depende do tipo de solo ou piso da edificação (Tabela 38), a variável L_T é o número médio de pessoas lesionadas por choque elétrico (Tabela 37), n_z é o número estimado de pessoas na zona de risco, n_t é o número total de pessoas na edificação e t_z é o tempo total que o número de pessoas n_z , permanecem na zona (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2015b). Para o dano D2, duas variáveis são descritas: L_B e L_V . A Equação 41 exibe-as.

$$L_B = L_V = r_p \cdot r_f \cdot h_z \cdot L_F \cdot \left(n_z / n_t \right) \cdot \left(t_z / 8760 \right) \quad (42)$$

O fator r_p é um valor de redução de perdas dependente das medidas utilizadas para prevenir incêndios e explosão (Tabela 39), o fator r_f é um valor de redução de perdas devido a danos físicos (Tabela 40), o fator h_z aumenta de valor devido a danos físicos quando um perigo estiver presente (Tabela 41), L_F é o número médio de vítimas por danos físicos (Tabela 37) (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2015b). A perda típica associada ao dano D3 contém quatro variáveis que são consideradas para o cálculo e ambas têm o mesmo valor numérico, e estão apresentadas na Equação 42.

$$L_C = L_M = L_W = L_Z = L_O \cdot \left(n_z / n_t \right) \cdot \left(t_z / 8760 \right) \quad (43)$$

As próximas tabelas definem os valores das variáveis L_T , L_F , L_O , r_t , r_p , r_f e h_z .

Tabela 37 - Valores de L_T , L_F e L_O de acordo com os tipos de dano

Tipos de danos	Valor de perda típico	Tipo de estrutura
D1 ferimentos	L_T	0,01 Todos os tipos
D2 Danos Físicos	L_F	0,1 Risco de explosão
		0,1 Hospital, hotel, escola, edifício cívico
		0,05 Entretenimento público, igreja, museu
		0,02 Industrial, comercial
		0,01 Outros
D3 falhas de sistemas internos	L_O	0,1 Riscos de explosão
		0,01 Unidade de terapia intensiva e bloco cirúrgico de hospital
		0,001 Outras partes de hospital

Fonte: SOUZA (2016).

Os valores de L_O e L_F necessitam de uma avaliação mais profunda em casos de a edificação correr risco de explosão, a avaliação deve levar em consideração o tipo de estrutura, o risco de explosão ao qual está exposto, conceito de zonas perigosas e as medidas de proteção adotadas (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2015b).

Tabela 38 - Valor para o fator r_t

Tipo de Superfície ²	Resistência de contato $k\Omega$ ¹	r_t
Agricultura, concreto	≤ 1	0,01
Mármore, cerâmica	1 a 10	0,001
Cascalho, tapete, carpete	10 a 100	0,0001
Asfalto, linóleo, madeira	≥ 100	0,00001
¹ valores medidos entre um eletrodo de 400 cm ² comprimido com uma forma uniforme de 500 N e um ponto considerado no infinito		
² uma camada de material isolante, por exemplo, asfalto, de 5 cm de espessura (ou uma camada de cascalho de 15 cm de espessura) geralmente reduz o perigo a um nível tolerável		

Fonte: SOUZA (2016).

Tabela 39 - Valores para o fator r_p

Providências	r_p
Nenhuma providência	1
Uma das seguintes providências: extintores, instalações fixas operadas manualmente, instalações de alarme manuais, hidrantes, compartimentos a prova de fogo, rotas de escape	0,5
Uma das seguintes providências: instalações fixas operadas automaticamente, instalações de alarme automático	0,2
¹ somente se protegidas contra sobretensões e outros danos e se os bombeiros puderem chegar em menos de 10 minutos	

Fonte: SOUZA (2016).

Tabela 40 - Valores para o fator r_f de acordo com o risco e com a quantidade de risco na edificação

Risco	Quantidade de risco	r_f
Explosão	Zonas 0, 20 e explosivos sólidos	1
	Zonas 1, 21	0,1
	Zonas 2, 22	0,001
Incêndio	Alto	0,1
	Normal	0,01
	Baixo	0,001
Explosão ou Incêndio	Nenhum	0

Fonte: SOUZA (2016).

Para o caso de a estrutura ter risco de explosão, o valor de r_f deve ser avaliado com mais precisão e detalhamento. Estruturas com carga de incêndio maior que 800 MJ/m² devem ser consideradas de alto risco de incêndio, estruturas entre 400 e 800 MJ/m² de carga de

incêndio são consideradas de risco normal e as estruturas abaixo de 400 MJ/m² devem ser consideradas com risco baixo.

Tabela 41 - Valores de h_z de acordo com o tipo de perigo

Tipo de perigo especial	h_z
Sem perigo especial	1
Baixo nível de pânico (por exemplo, uma estrutura limitada a dois andares e número de pessoas não superior a 100)	2
Nível médio de pânico (por exemplo, estruturas designadas para eventos culturais ou esportivos com um número de participantes entre 100 e 1000 pessoas)	5
Dificuldade de evacuação (por exemplo, estrutura com pessoas imobilizadas, hospitais)	5
Alto nível de pânico (por exemplo, estruturas designadas para eventos culturais ou esportivos com um número de participantes maior que 1000 pessoas)	10

Fonte: Associação Brasileira de Normas Técnicas (2015b).

2.11.11.2 Tipo de perda L2 (perda de serviços ao público)

Para este tipo de perda, os danos D2 e D3 estão associados, e para o primeiro tipo de dano, as variáveis L_B e L_V têm o mesmo valor numérico e dependem de L_F que é o número médio de pessoas não servidas, por decorrência do dano físico causado. Para o tipo de dano D3, as variáveis de mesmo valor são: L_C , L_M , L_W e L_Z , os quais dependem da variável L_O , que é o número relativo de usuários não servidos, devido à falha de sistemas internos (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2015b). As equações 43 e 44 expõem estes valores.

$$L_B = L_V = r_p \cdot r_f \cdot L_F \cdot (n_z/n_t) \quad (44)$$

$$L_C = L_M = L_W = L_Z = L_O \cdot (n_z/n_t) \quad (45)$$

L_F e L_O são quantificados de acordo com a Tabela 42, na qual depende do tipo de serviço e tipo de danos.

Tabela 42 - Valores de L_F e L_O

Tipo de dano	Valor da perda típica	Tipo de Serviço
D2 danos físicos	L_F	0,1 Gás, água, fornecimento de energia
		0,01 TV, linhas de sinais
D3 falhas de sistemas internos	L_O	0,01 Gás, água, fornecimento de energia
		0,001 TV, linhas de sinais

Fonte: SOUZA (2016).

2.11.11.3 Tipo de perda L3 (perda de patrimônio cultural)

Para este tipo de perda, o dano D2 é associado diretamente, e a variável L_F assume outro valor em relação à perda L4 e as variáveis se repetem (L_B e L_V), visto que o valor de L_F se torna 0,1 para estrutura referente a museus e galerias. Os fatores c_z e c_t são relacionados ao valor do patrimônio presente na zona de risco e o valor total da edificação, assim como o conteúdo da edificação (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2015b). A Equação 45 a define.

$$L_B = L_V = r_p \cdot r_f \cdot L_F \cdot (c_z/c_t) \quad (46)$$

2.11.11.4 Tipo de perda L4 (perda econômica)

Para este tipo de perda, todos os danos são considerados, sendo definidos pelas equações 46, 47 e 48. As equações são incorporadas por cinco fatores principais: c_a , c_b , c_c , c_s e c_t . O fator c_a é o valor que corresponde aos animais que se encontram no edifício, o fator c_b é referente a parte relevante da zona, c_c refere-se ao conteúdo da edificação, c_s é o valor dos sistemas internos que estão presentes na estrutura e c_t é o valor total do prédio. A Tabela 43 mostra os novos valores de L_T , L_F e L_O para esta perda L4 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2016).

Tabela 43 - Valores de L_T , L_F e L_O para o tipo de perda L4

Tipos de danos	Valor de perda típico		Tipo de estrutura
D1 ferimento devido a choque	L_T	0,01	Todos os tipos somente onde animais estão presentes
D2 danos físicos	L_F	1	Risco de explosão
		0,5	Hospital, industrial, museu, agricultura
		0,2	Hotel, escola, escritório, igreja, entretenimento público, comercial
		0,1	Outros
D3 falha de sistemas internos	L_O	0,1	Risco de explosão
		0,01	Hospital, industrial, escritório, hotel, comercial
		0,001	Museu, agricultura, escola, igreja, entretenimento público
		0,0001	Outros

Fonte: SOUZA (2016).

As equações 46, 47 e 48 mostram como devem ser calculados os valores de L_A , L_U , L_B , L_V , L_C , L_M , L_W e L_Z .

$$L_A = L_U = r_t \cdot L_T \cdot (c_a/c_t) \quad (47)$$

$$L_B = L_V = r_p \cdot r_f \cdot L_F \cdot ([c_a + c_b + c_c + c_s]/c_t) \quad (48)$$

$$L_C = L_M = L_W = L_Z = L_O \cdot (c_s/c_t) \quad (49)$$

2.11.12 *Subsistema de captação*

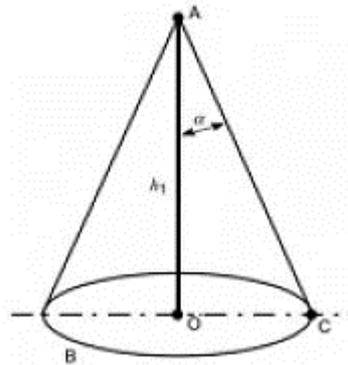
O subsistema de captação é formado por captores, mastros, condutores suspensos e em malha, cujo objetivo é utilizar componentes metálicos com o objetivo de interceptar descargas atmosféricas (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2015c). Os captores são dispositivos com uma ou várias pontas metálicas com a finalidade de atrair os raios e fazer sua ligação com a terra através do subsistema de descida e aterramento. Os mastros são os suportes aos captores, onde estes são sustentados. Os condutores suspensos e em malha, são condutores colocados ao longo do telhado da edificação com o objetivo de desempenharem a função de captor.

O posicionamento deste subsistema deve ser feito de acordo com o tamanho da estrutura, a partir disto o volume de proteção é determinado. Para a determinação da posição da captação três métodos podem ser utilizados, são eles: método do ângulo de proteção (Franklin), método da esfera rolante e método das malhas (Faraday) (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2015c).

2.11.12.1 *Método do ângulo de proteção (Método de Franklin)*

Este método consiste em um cone imaginário, formado através de um ângulo de proteção, sendo que a área da base do cone é a área protegida. Este método é mais apropriado para edifícios com menos área horizontal. O ângulo varia de acordo com a classe do SPDA.

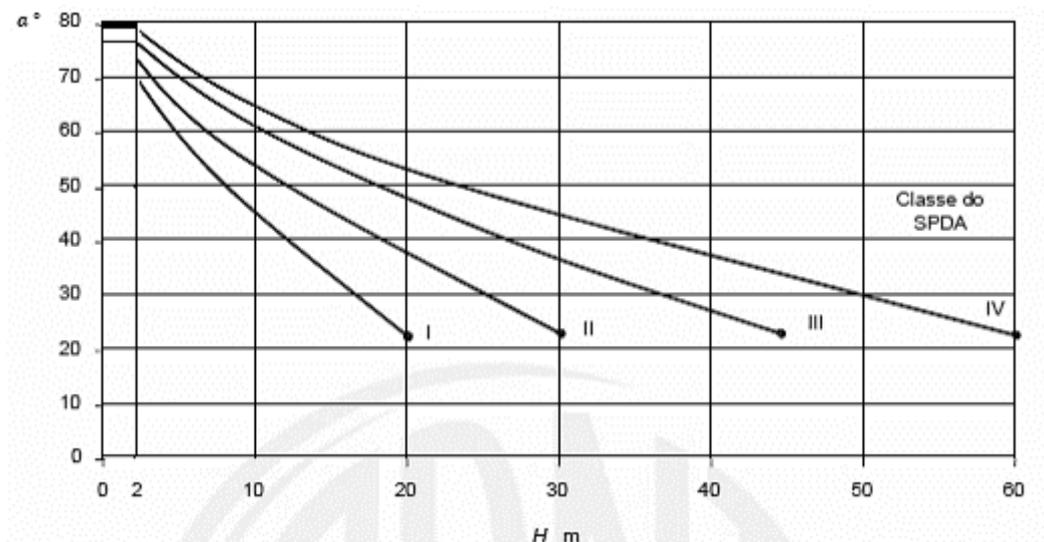
Figura 10 - Cone de proteção



Fonte: SOUZA (2016).

O ponto A na figura 10 representa o local onde estará o captor, a altura do cone é a altura do mastro em relação ao plano de referência, α é o ângulo que varia de acordo com a classe do sistema e a área da base é a área protegida (SOUZA, 2016). Através da norma NBR 5419-3/2015, um gráfico é disponibilizado com informações dos ângulos para cada classe e altura do captor em relação a um plano. Na figura 11, o eixo das ordenadas representa o ângulo de proteção e o eixo das abscissas a altura H do captor até o plano de referência. Pode-se perceber que para valores menores que 2 metros, o ângulo é igual para qualquer classe.

Figura 11 - Ângulo de proteção



Fonte: Associação Brasileira de Normas Técnicas (2015c).

A Equação 49 mostra como o raio da base do cone é calculado, sendo uma relação trigonométrica simples.

$$R = h1 \cdot \tan(\alpha) \quad (50)$$

2.11.12.2 Método da esfera rolante

O método da esfera rolante consiste em “rolar” uma esfera imaginária pela superfície da edificação, dessa forma as pontas do prédio não devem encostar na esfera, com exceção do próprio captor. A Tabela 44 mostra o raio que a esfera deve ter para cada classe de SPDA.

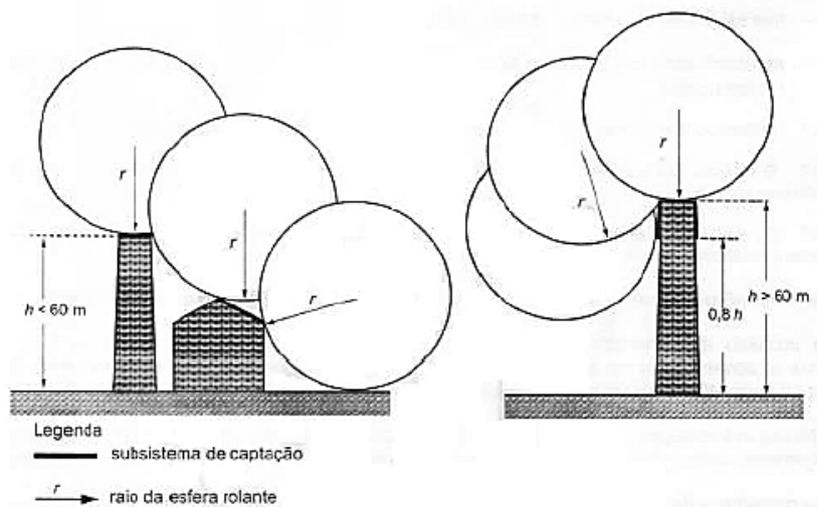
Tabela 44 - Raio da esfera rolante

Classe do SPDA	Raio da Esfera Rolante – R (m)
I	20
II	30
III	45
IV	60

Fonte: SOUZA (2016).

A figura 12 mostra exemplos de casos utilizados com o método da esfera rolante, observa-se que para edifícios maiores que 60 metros o risco de raio atingirem a lateral do prédio é maior, e se faz necessário utilizar captores laterais (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2015c).

Figura 12 - Método da esfera rolante



Fonte: Associação Brasileira de Normas Técnicas (2015c).

A Equação 50 é utilizada para o caso de adição de captores ao topo da edificação, a altura dos captores adicionais depende de R_e (raio da esfera), L_c (largura da construção), H_{ext} (altura da extremidade) e H_c altura do captor (SOUZA, 2016).

$$H_c = R_e \cdot \left\{ 1 - \sqrt{1 - \left[\frac{L_e/2}{R_e} + \sqrt{\frac{H_{ext}}{R_e} \cdot \left(2 - \frac{H_{ext}}{R_e} \right)} \right]^2} \right\} \quad (51)$$

2.11.12.3 Método da gaiola de Faraday (método das malhas)

De acordo com Souza (2016), sobre o método das malhas: “O mesmo consiste em uma malha captora de condutores espaçados entre si de uma distância correspondente ao seu nível de proteção”. Este método é apropriado para edificação com área horizontal maior. A Tabela 45 mostra o espaçamento máximo entre os condutores da malha, de acordo com a classe do SPDA. Os condutores, para este método, devem ser instalados no entorno da cobertura e saliências do edifício, seguindo o caminho mais curto e retilíneo possível (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2015c).

Tabela 45 - Afastamento máximo de condutores em malha

Classe do SPDA	Máximo Afastamento dos Condutores da Malha, em metros
I	5 x 5
II	10 x 10
III	15 x 15
IV	20 x 20

Fonte: SOUZA (2016).

Mesmo que a norma não exija instalação de mini captores, recomenda-se a sua utilização para minimizar possíveis danos diretos nos cabos da malha. Os mini captores devem ser instalados a cada cinco metros de perímetro, em cruzamentos de cabos e quinas (SOUZA, 2016).

2.11.12.4 Componentes naturais

De acordo com a norma NBR 5419-3/2015, são considerados componentes naturais e que possam desempenhar o papel de captor as seguintes partes: chapas metálicas, em que exista continuidade entre as partes que o compõe, a espessura não deve ser menor do que a estabelecida na Tabela 46, componentes metálicos na cobertura, sendo tubulações e tanques na cobertura.

Tabela 46 - Espessuras mínimas para componentes naturais

Classe do SPDA	Material	Espessura t (mm) ¹	Espessura t' (mm) ²
I a IV	Chumbo	-	2
	Aço (inoxidável, galvanizado a quente)	4	0,5
	Titânio	4	0,5
	Cobre	5	0,5
	Alumínio	7	0,65
	Zinco	-	0,7
¹ t previne perfuração, pontos quentes ou ignição			
² t' somente para chapas metálicas, se não for importante prevenir a perfuração, pontos quentes ou problemas com ignição			

Fonte: SOUZA (2016).

2.11.13 Subsistema de descida

Os condutores do sistema de descida devem dispor de caminhos paralelos para a corrente elétrica, sempre com o menor caminho possível à terra. Para um bom funcionamento do sistema, deve-se atentar para as recomendações da norma: para captores em mastros não metálicos deve existir pelo menos um condutor de descida, para cada SPDA o número de descidas não pode ser inferior a dois, e através da Tabela 47 as distâncias devem ser dispostas entre os condutores.

Tabela 47 - Distâncias entre condutores de descida

Classe do SPDA	Distâncias (m)
I	10
II	10
III	15
IV	20
* é aceitável que o espaçamento dos condutores de descida alcance até 20 % além dos valores acima	

Fonte: Associação Brasileira de Normas Técnicas (2015c).

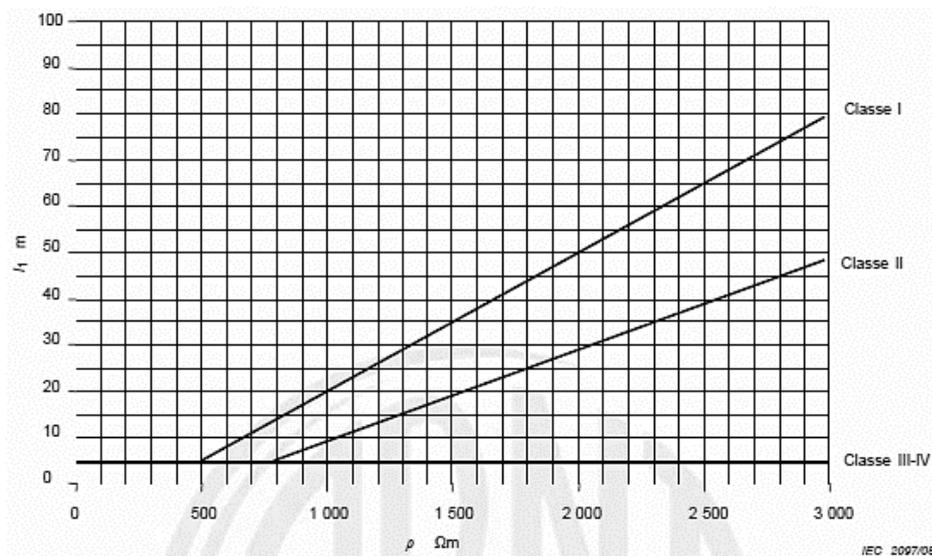
2.11.14 Subsistema de aterramento

Este subsistema é destinado a conduzir a corrente elétrica proveniente do raio para a terra, de modo que se disperse e não cause prejuízos a vida ou danos em equipamentos. Os principais componentes do aterramento são: eletrodos, conexões e cabos metálicos. Os eletrodos de aterramento são partes deste subsistema que realiza o contato elétrico direto com

a terra, com o objetivo de fazer a dispersão da corrente, têm formato de barra circular e normalmente são feitos de cobre ou alumínio. Os cabos podem fazer a interligação de eletrodos, fazendo o chamado “eletrodo de aterramento em anel”, este tipo é arranjado de forma que seja feito um anel em volta da área a ser protegida. Os eletrodos podem ser dispostos através da fundação da edificação, de forma que fique embutida no concreto da base do prédio (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2015c).

Um condutor em anel deve ser utilizado quando há impossibilidade de usufruir das fundações da edificação, neste caso o condutor deverá estar em contato com o solo por no mínimo 80% do comprimento total da estrutura, mantendo sempre a continuidade elétrica por todo o anel. Os eletrodos que formam o anel devem ter um raio de proteção (r_e) maior ou igual ao valor de l_1 , esta variável está disposta de acordo com a resistividade do solo e a classe do SPDA, a figura 13 mostra o gráfico com a relação descrita acima (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2015c).

Figura 13 - Raio de proteção formado por eletrodos de acordo com a resistividade do solo e classe de SPDA



Fonte: Associação Brasileira de Normas Técnicas (2015c).

Através da figura 13, é notável que o valor l_1 não varia para as classes III e IV de SPDA em relação ao solo. Para solos com resistividade maior que $3000 \Omega m$ as curvas para as classes I e II são prolongadas através das equações 51 e 52, sendo que a Equação 51 corresponde a curva para a classe I e a Equação 52 para a classe II (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2015c).

$$l_1 = 0,03\rho - 10 \quad (52)$$

$$l_1 = 0,02\rho - 11 \quad (53)$$

Eletrodos adicionais podem ser inseridos e conectados ao anel de proteção e devem ser localizados o mais próximo de pontos de descida de condutores. Quando o valor de r_e é maior que o de l_1 , eletrodos adicionais devem ser colocados e devem ter comprimentos horizontais e verticais, dados a partir das equações 53 e 54, respectivamente.

$$l_r = l_1 - r_e \quad (54)$$

$$l_r = (l_1 - r_e)/2 \quad (55)$$

2.11.14.1 Componentes e fixação do aterramento

Os componentes do SPDA devem ser feitos com dimensionamento capaz de suportar os efeitos das correntes dos raios que possam atingir a estrutura. Os condutores e captos devem ser instalados firmemente na estrutura e mastro referentes, em que possam suportar força física e ação de intempéries, seja vento, chuva, insolação, etc. As distâncias para fixação dos condutores devem obedecer aos seguintes pontos (SOUZA, 2016):

- 1 metro de distância para condutores flexíveis (cabos ou cordoalhas) na horizontal, vertical ou inclinados;
- O máximo de 1 metro de distância para condutores rígidos (fitas e barras) na horizontal, vertical e inclinados.

Os eletrodos de aterramento em anel devem ser enterrados por no mínimo de 0,5 metro e ser posicionado à uma distância máxima de um metro ao redor das paredes externas da estrutura. Para o caso de impossibilidade de construção do anel de aterramento de forma externa ao prédio, pode ser instalado pela parte interna, desde que tomadas providências para diminuir tensões de passo e toque. O número de conexões ao longo do sistema devem ser as menores possíveis, devendo ser feitas por meio de solda térmica ou exotérmica, ou conexões mecânicas de pressão ou compressão (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2015c).

É recomendável não serem utilizados materiais diferentes para um mesmo subsistema de aterramento, e para o caso da impossibilidade de utilização de materiais iguais, devem ser adotadas medidas para evitar corrosão das partes (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2015c).

2.11.15 Materiais e dimensões

De acordo com a ABNT (2015c): “Materiais e suas dimensões devem ser escolhidos tendo em mente a possibilidade de corrosão tanto da estrutura a ser protegida quanto do SPDA”. A Tabela 48, retirada da NBR 5419-3/2015 mostra os materiais, com a configuração em que são feitos e área de seção mínima para captores, hastes captoras e subsistema de descida. A Tabela 49 mostra os materiais e suas características do subsistema de aterramento.

Tabela 48 - Materiais e suas áreas de seção mínima

Material	Configuração	Área da seção mínima (mm²)	Comentários
Cobre	Fita maciça	35	Espessura 1,75 mm
	Arredondado maciço	35	Diâmetro 6 mm
	Encordoadado	35	Diâmetro de cada fio da cordoalha 2,5 mm
Cobre	Arredondado maciço (mini captores)	200	Diâmetro 16 mm
Alumínio	Fita maciça	70	Espessura 3 mm
	Arredondado maciço	70	Diâmetro 9,5 mm
	Encordoadado	70	Diâmetro de cada fio da cordoalha 3,5 mm
	Arredondado maciço (mini captores)	200	Diâmetro 16 mm
Aço cobreado IACS 30 %	Arredondado maciço	50	Diâmetro 8 mm
	Encordoadado	50	Diâmetro de cada fio da cordoalha 3 mm
Alumínio cobreado IACS 64 %	Arredondado maciço	50	Diâmetro 8 mm
	Encordoadado	70	Diâmetro de cada fio da cordoalha 3,6 mm
Aço galvanizado a quente	Fita maciça	50	Espessura mínima 2,5 mm
	Arredondado maciço	50	Diâmetro 8 mm
	Encordoadado	50	Diâmetro de cada fio da cordoalha 1,7 mm
	Arredondado maciço (mini captores)	200	Diâmetro 16 mm
Aço inoxidável	Fita maciça	50	Espessura 2 mm
	Arredondado maciço	50	Diâmetro 8 mm
	Encordoadado	70	Diâmetro de cada fio da cordoalha 1,7 mm
	Arredondado maciço (mini captores)	200	Diâmetro 16 mm

Fonte: Associação Brasileira de Normas Técnicas (2015c).

Tabela 49 - Materiais e suas características para o subsistema de aterramento

Material	Configuração	Dimensões mínimas		Comentários
		Eletrodo Cravado (diâmetro)	Eletrodo não cravado	
Cobre	Encordoado ¹	-	50 mm ²	Diâmetro de cada fio da cordoalha 3 mm
	Arredondado maciço ¹	-	50 mm ²	Diâmetro 8 mm
Material	Configuração	Dimensões mínimas		Comentários
		Eletrodo Cravado (diâmetro)	Eletrodo não cravado	
Cobre	Fita maciça ¹	-	50 mm ²	Espessura 2 mm
	Arredondado maciço	15 mm	-	-
	Tubo	20 mm	-	Espessura da parede 2 mm
Aço galvanizado à quente	Arredondado maciço	16 mm	Diâmetro 10 mm	-
	Tubo	25 mm	-	Espessura da parede 2 mm
	Fita maciça	-	90 mm ²	Espessura 3 mm
	Encordoado	-	70 mm ²	-
Aço cobreado	Arredondado maciço	12,7 mm	70 mm ²	Diâmetro de cada fio da cordoalha 3,45 mm
	Encordoado			
Aço inoxidável	Arredondado maciço	15 mm	Diâmetro 10 mm	Espessura mínima 2 mm
	Fita maciça		100 mm ²	

Fonte: Associação Brasileira de Normas Técnicas (2015c).

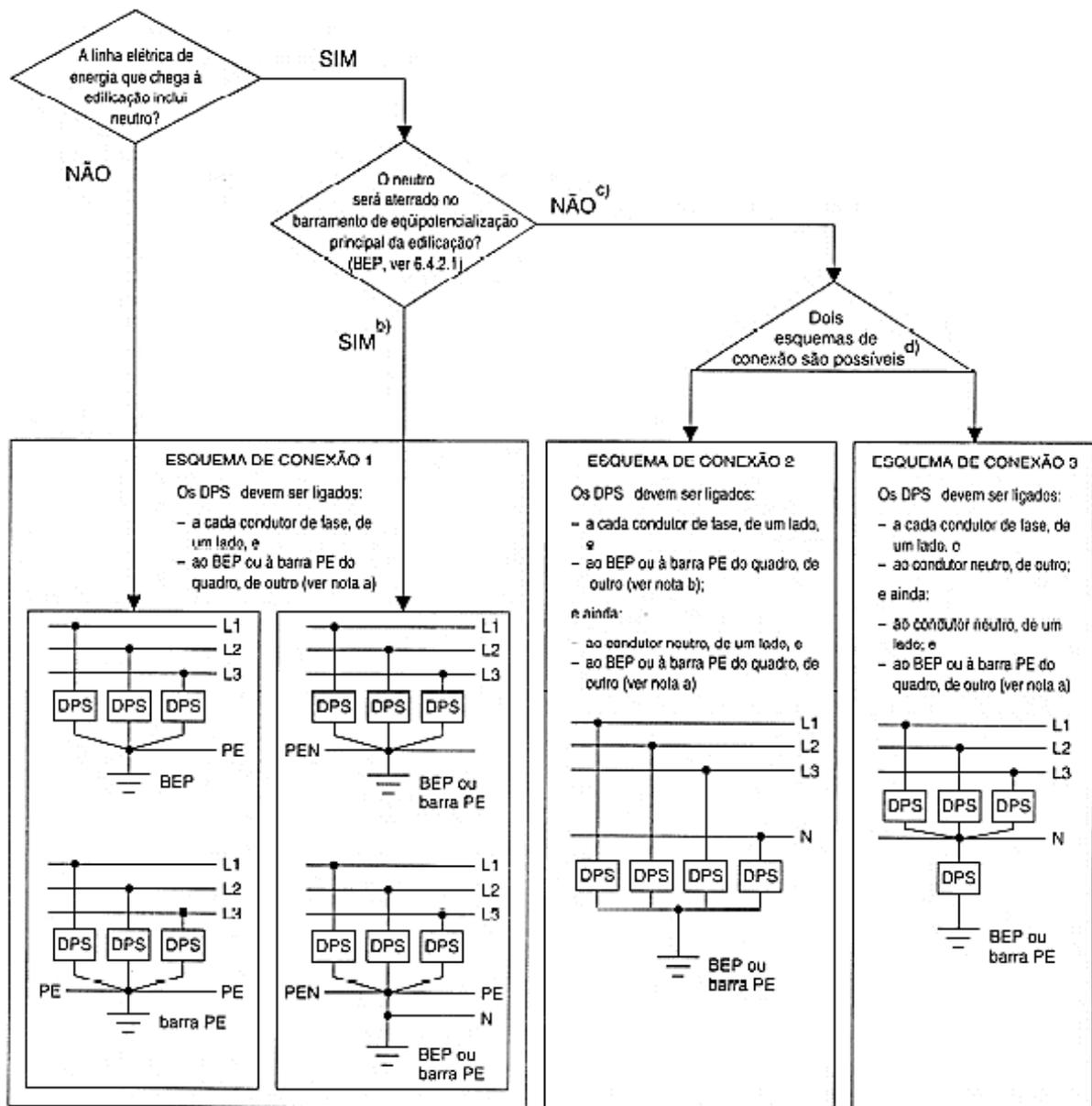
2.11.16 Dispositivos de Proteção contra Surtos

Os DPS são dispositivos destinados a proteção de equipamentos da edificação contra sobretensões, provindas de raios que possam atingir a linha de abastecimento elétrico da estrutura. São divididos em três classes de proteção, sendo a classe I a que garante maior proteção e a classe III a menor.

Para DPS destinados a proteção contra descargas atmosféricas na linha de alimentação à edificação ou diretamente na estrutura, a corrente nominal de descarga (I_n) não

deve ser menor que 5 kA para cada classe de proteção, porém não deve ser inferior a 20 kA em redes trifásicas, ou a 10 kA para monofásicas, quando o dispositivo for utilizado entre o neutro e o condutor de proteção da edificação, e a corrente de impulso não deve ser inferior a 12,5 kA para cada modo de proteção do DPS (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2004c). A figura 14 mostra um fluxograma dos esquemas de conexão do Dispositivo de proteção contra surtos, retirado da norma NBR 5410/2004.

Figura 14 - Fluxograma de esquemas de conexão do DPS



Fonte: Associação Brasileira de Normas Técnicas (2004c).

Na figura 14, as linhas L1, L2 e L3 representam as fases elétricas que alimentam a estrutura e deve ser instalado um DPS para cada conexão fase – proteção (PE) ou neutro

(Esquema de Conexão 1). Em casos que o condutor neutro não é aterrado no Barramento de Equipotencialização Principal (BEP), um DPS deve ser instalado entre o Neutro e o BEP ou condutor de proteção ou terra (Esquema de Conexão 2). Já o Esquema de Conexão 3 utiliza os DPS entre cada fase e o Neutro comum, e em seguida um outro DPS entre o neutro e o BEP ou o condutor de proteção.

2.11.16.1 Seleção do DPS

A seleção da tensão de proteção do DPS depende de dois fatores: tensão suportada pelo dispositivo (U_w) e o comprimento dos condutores que fazem a conexão ao DPS, desde a rota entre o DPS e o equipamento que deve ser protegido. O valor de U_w de acordo com os equipamentos conectados com a linha de energia, aos conectados às linhas de telecomunicações e outras linhas e equipamentos. O DPS pode ser instalado na linha que alimenta a edificação, no quadro de distribuição principal, este tipo é bastante utilizado e foi apresentado através das conexões da figura 14, para o caso de necessitar de mais proteção podem ser instalados nos quadros de distribuição secundários ou diretamente nas tomadas em que estão conectados os equipamentos (SOUZA, 2016).

Quando o DPS é conectado a um aparelho, vai ser apresentada um novo nível de tensão de proteção resultante ($U_{P/F}$), definida através do nível de tensão de proteção do dispositivo e das quedas de tensão ao longo dos terminais e conexões. As equações 55 e 56 definem $U_{P/F}$ de acordo com o tipo de DPS instalado, seja limitador ou comutador de tensão, respectivamente.

$$U_{P/F} = U_P - \Delta U \quad (56)$$

$$U_{P/F} = \max(U_P, \Delta U) \quad (57)$$

3 ESTUDO DE CASO: PROJETO DE COMBATE A INCÊNDIO E PÂNICO DE UM EDIFÍCIO MULTIFAMILIAR

3.1 Características da Edificação

O edifício que será objeto de estudo para este projeto, é um prédio de múltiplas unidades consumidoras (PMUC), situado na cidade de Itapipoca no Estado do Ceará. A estrutura, construída em 2004, conta com quatro pavimentos, sendo o térreo utilizado como estacionamento e três estabelecimentos comerciais, os outros três pavimentos com cinco apartamentos cada, totalizando 15 apartamentos. A área do terreno é de 504 m² e a área total construída é de 1455 m². A altura total é mensurada em 18,49 m (piso do térreo até o ponto mais alto da caixa d'água) e a altura considerada para projeto contra incêndio é de 11,16 m (piso do térreo até o piso do último pavimento), o prédio conta com um reservatório de água acima do nível do telhado, com capacidade de 12400 litros e uma cisterna abaixo do nível do estacionamento, com capacidade de 13000 litros de água.

3.2 Classificação da Edificação e Requisitos Mínimos de Projeto

Através da Tabela 1, pode ser distinguido o grupo e a divisão em que este edifício se enquadra. A partir da descrição feita no tópico 3.1, é perceptível que o grupo A e a divisão A-2 enquadra a edificação e assim o risco da edificação também é conhecido pelo tipo de estrutura, qualificando-o como risco baixo e carga de incêndio até 300 MJ/m² (Tabela 3).

Como a altura considerada é de 11,16 metros, a edificação é considerada como medianamente baixa (Tabela 2).

Como a área total da estrutura é maior que 750 m², a Tabela 5 deve ser aplicada para selecionar as medidas de segurança que devem ser implantadas no prédio (grupo A). Dessa forma, as medidas necessárias são: Saídas de Emergência, Iluminação de Emergência, Sinalização de Emergência, Alarme de incêndio (já que a distância a ser percorrida até uma saída é maior que 30 m), Extintores e Hidrantes. O item de Acesso de Viatura não foi listado pois é recomendado apenas para condomínios com vias internas, em outros casos faixas de estacionamento na via pública são suficientes. O item Brigada de incêndio não foi listado, tendo em vista que o prédio foi construído antes de existirem as normas estaduais do CBMCE, e

através da NT 018/2016, este item deixou de ser obrigatório para este caso específico. A central de Gás não é um item necessário, pois o prédio não foi construído com um sistema acoplado de gás.

Em relação à facilidade de a edificação propagar fogo através da sua estrutura, e com as características conhecidas do prédio, o código do edifício com relação às suas características construtivas deve ser estabelecido através da Tabela 6. O prédio, objeto de estudo, é classificado com o código Z, pois é construído com concreto armado e divisórias incombustíveis.

3.3 Dimensionamento das Saídas de Emergência

3.3.1 Cálculo da população

O dimensionamento da população do prédio é feito através da Tabela 7, a partir do grupo e divisão da edificação e pela quantidade de dormitórios. Através do Apêndice B, é possível perceber que do segundo ao quarto pavimento existem 15 apartamentos ao todo e para cada pavimento existem 8 dormitórios, porém deve ser adicionado a quantidade de salas de cada apartamento, assim resultando em 13 dormitórios por pavimento e totalizando em 39 dormitórios no prédio. Como cada dormitório abriga duas pessoas, o edifício tem uma população total estimada de 78 pessoas.

3.3.2 Dimensões das Saídas de Emergência

A distância máxima a ser percorrida por uma pessoa em qualquer ponto do pavimento até a saída mais próxima é estabelecida de acordo com a Tabela 8. Para o tipo de edificação Z e grupo A e para uma estrutura sem chuveiros ou sem detectores automáticos, a distância máxima para uma saída única é de 40 m.

O número mínimo de saídas e tipos de escada são estabelecidos de acordo com a Tabela 9, em relação ao tipo de ocupação, área de um pavimento e altura considerada. Como o prédio tem ocupação no Grupo A, com divisão A-2 e a área do maior pavimento é de aproximadamente 365 m² (menor que 750 m²) e tem altura considerada de 11,16 m, conclui-se

que necessita de apenas uma saída e que a escada deve ser uma escada comum, como a já existente no prédio.

O vão de saída deve ser calculado através da Equação 1, onde P é a população já dimensionada e C é a capacidade de unidade de passagem. O cálculo para o tamanho do vão de saída está exposto abaixo, uma vez que o valor de C, na Tabela 7, para portas é 100.

$$N = \frac{P}{C}$$

$$N = \frac{78}{100} = 0,78$$

O valor de N deve ser arredondado para um valor inteiro maior mais próximo, no caso 1. Como uma unidade de passagem equivale a 0,55 m, as portas de saídas devem ter 0,55 m de largura, porém como é um valor abaixo do mínimo estabelecido pela norma, a porta de saída deverá ter a largura de 1,20 m.

A Equação 1 também deve ser utilizada para o cálculo da largura da escada, neste caso o valor de P é o mesmo utilizado no cálculo das portas de saída de emergência e o valor de C é 45.

$$N = \frac{78}{45} = 1,73 \text{ unidades de passagem}$$

O valor deve ser arredondado para 2 e multiplicado pelo valor de cada unidade de passagem, obtendo uma largura de 1,20 m para as escadas. Como existe uma impossibilidade de adequação das escadas do edifício (por já ser um prédio finalizado), deve permanecer na largura da escada existente (1,10 m) e ter um foco maior na sinalização da mesma. O mesmo deve ocorrer para o tamanho dos degraus e patamares, visto que há impossibilidade de adequação, devem permanecer com altura de 16,5 cm e largura de 30,5 cm para os degraus e com patamar de largura igual ao da escada e dimensão de 1,10x1,10m. Os corrimãos devem estar com altura de 90 cm e afastados no mínimo em 40 mm da parede ou guarda-corpos da escada.

3.4 Iluminação de Emergência

O bloco de iluminação de emergência deve ser escolhido atendendo as exigências da norma NT – 009 /2008 do CBMCE e a norma da ABNT NBR 10898/1999. O

equipamento escolhido, para atender as necessidades e obrigações das normas, foi o Bloco Autônomo de Iluminação de Emergência Standard com bateria de níquel-cádmio da marca Legrand, a área de cobertura de 33 m², com lâmpadas fluorescentes de alta luminosidade e tensão de alimentação de 12 V, de forma a atender o tempo mínimo de resistência ao fogo (70 °C durante uma hora). A autonomia do bloco é de 4 h e potência dada pelo fabricante de 9 W. O nível de iluminamento é de 3 lux para o piso plano e 5 lux para escadas e rampas. A localização das luminárias está exposta nos Apêndices A e B, e os detalhes expostos no Apêndice G.

3.5 Aparelhos Extintores

A distribuição dos aparelhos extintores é estabelecida através da Tabela 10, em que a edificação com risco baixo tem a área de proteção, para cada aparelho extintor, de 500 m² e a distância a ser percorrida pelas pessoas, de qualquer ponto do pavimento até o extintor, em 20 m. Utilizando esta regra ao prédio em que o projeto está sendo feito, um extintor por pavimento satisfaria a proteção, porém de acordo com a NT – 004/2008 do CBMCE, cada pavimento deve conter pelo menos 2 aparelhos extintores de pó químico e classes A, B e C.

Para os pavimentos 2, 3 e 4, dois extintores de pó químico ABC serão instalados, cada aparelho deverá ter o mínimo de 2-A:20-B:C de capacidade, totalizando seis extintores. A norma ainda expressa que estacionamentos de prédios devem ser avaliados como risco máximo, e dessa maneira três aparelhos extintores são necessários para proteger o primeiro pavimento. A Tabela 50 mostra a quantidade de extintores para cada pavimento do edifício.

Tabela 50 - Distribuição dos aparelhos extintores

Localização	Tipo e capacidade extintora		
	H ₂ O (2A)	CO ₂ (5:BC)	Pó ABC (2A:20B:C)
Térreo	-	-	03
Pavimento 2	-	-	02
Pavimento 3	-	-	02
Pavimento 4	-	-	02
Total	-	-	09

Fonte: Próprio autor.

3.6 Dimensionamento do Sistema de Hidrantes

O primeiro passo para dimensionar o sistema de hidrantes é escolher qual tipo de sistema irá ser implementado na edificação. Através da Tabela 11, o tipo escolhido para o PMUC foi o tipo 1, logo as seguintes características serão adotadas:

- Esguicho: jato compacto de 13 mm ou regulável;
- Mangueira de incêndio: diâmetro de 40 mm e comprimento de 15 m (2x15m);
- Número de expedições: simples (única);
- Vazão no hidrante mais desfavorável: 150 l/min (0,0025 m³/s ou 9 m³/h);
- Pressão no hidrante mais desfavorável: 0,4 kgf/cm² (4 mca);
- Tipo de material: Ferro Galvanizado;
- Diâmetro da tubulação: 2 ½" (65mm).
- Caixa de incêndio: Tipo 1 (70x45x17 cm).

De acordo com a distância de alcance das mangueiras e jatos de água, somente se faz necessário um ponto de hidrante em cada pavimento e um ponto de hidrante de recalque que deverá ser instalado no passeio do prédio, de forma que não esteja em locais com passagem de veículos.

O volume mínimo da RTI é definido através da Tabela 12, de acordo com o grupo de ocupação, grau de risco e a área total da edificação. Dessa forma, como o prédio tem área total de 1455 m², tem grau de risco baixo e está no grupo de ocupação A-2 ao passo que o volume definido é de 4,5 m³ e acrescido de 0,6 m³ para cada ponto de hidrante.

$$RTI = 4,5 + 0,6 \cdot 4 = 6,9 \text{ m}^3$$

A RTI deverá ter volume mínimo de 6900 litros e pode ser reservada através da cisterna existente no Edifício, com nível de água em 2 metros. A Tabela 13 exprime os componentes obrigatórios para o sistema de tipo I: abrigo, mangueira de incêndio, chaves para hidrantes e esguicho.

3.6.1 Cálculo Hidráulico

Para o cálculo de perdas de carga nas tubulações, precisa-se conhecer o comprimento total dos tubos e conexões, em que consiste na soma dos comprimentos de todos

os tubos retilíneos com o valor equivalente de conexões e curvas. A Tabela 14 informa os comprimentos equivalentes das conexões ou curvas de tubulações. Para ser quantificado o comprimento total equivalente das tubulações de incêndio, deve-se analisar quais componentes serão utilizados para percorrer o caminho da RTI para os hidrantes, dessa maneira, analisando os Apêndices A e B pode-se listar os componentes aplicados ao sistema de hidrantes. A Tabela 51 mostra tais componentes e a perda de carga unitária para cada um, de acordo com a Tabela 14 e em seguida, retorna o comprimento total de tubulações (os valores de tubulações retilíneas foram medidos através de um software para desenhos técnicos com as medidas reais em planta).

Tabela 51 - Comprimento total das tubulações

Peça	Quantidade	Perda de carga unitária (m)	Subtotal (m)
Joelho (curva) de 90°	06	2,00	12,00
Tê passagem bilateral	01	4,30	4,30
Tê passagem direta	03	1,30	3,90
Válvula de retenção horizontal	01	5,20	5,20
Registro de gaveta aberto	02	0,40	0,80
Registro de ângulo aberto	02	10,00	20,00
Tubulação retilínea	-	-	60,92
TOTAL			107,12

Fonte: Próprio autor.

Para o cálculo das perdas de carga, pode-se utilizar as equações 5 ou 6, porém devido a facilidade de adequação às variáveis da fórmula, utiliza-se a equação de Hazen-Williams. O termo “Q” é vazão do sistema em m³/s e seu valor foi definido através da Tabela 11 para o tipo I, cujo valor é 0,0025 m³/s. O valor da variável “C” é estabelecida pela Tabela 15 para aço galvanizado com valor igual a 120. Os termos “D” e “L_t” são o diâmetro da tubulação e o comprimento total das tubulações, ambos em metros.

$$H = 10,65 \cdot Q^{1,85} \cdot C^{-1,85} \cdot D^{-4,87} \cdot L_t$$

$$H = 10,65 \cdot 0,0025^{1,85} \cdot 120^{-1,85} \cdot 0,065^{-4,87} \cdot 107,12 = 1,51 \text{ mca}$$

Após o cálculo das perdas de carga nas tubulações e conexões, deve-se calcular a perda na mangueira de incêndio. A mesma equação de Hazen-Williams será utilizada, e as

únicas alterações são nos valores do fator “C” (deve ter valor igual a 140), no diâmetro (0,04 m) e o comprimento L_t (tamanho equivalente a duas mangueiras de 15 m para cada hidrante).

$$H_{mangueira} = 10,65 \cdot 0,0025^{1,85} \cdot 140^{-1,85} \cdot 0,040^{-4,87} \cdot 30 \cdot 4 = 13,50 \text{ mca}$$

O esguicho deve ser colocado como um componente que causa perda de carga, sendo calculado através da Equação 7. Deve-se considerar para o cálculo da velocidade v , a vazão do sistema e a área da seção transversal do bico do esguicho, cujo diâmetro é de 13 mm. O resultado final deve ser multiplicado pelo número de hidrantes na edificação, visto que deve considerar o uso de todos ao mesmo tempo.

$$H_{esguicho} = \left(\frac{1}{C_v^2} - 1 \right) \frac{\left(\frac{Q}{\pi R^2} \right)^2}{2g}$$

$$H_{esguicho} = \left(\frac{1}{0,98^2} - 1 \right) \frac{\left(\frac{0,0025}{\pi 0,0065^2} \right)^2}{2 \cdot 9,8} = 0,75 \cdot 4 = 3,00 \text{ mca}$$

Com os valores de perda de carga calculados, a altura manométrica total deve ser verificada através da Equação 8. Para realizar este cálculo deve conhecer a altura entre a bomba de pressurização e o hidrante mais desfavorecido (neste caso, é o que está em maior altura), então visto que a bomba de incêndio será instalada ao nível do solo, conforme esquema vertical no Apêndice D, a partir desta informação o hidrante no último pavimento será o mais desfavorecido e o valor de H_{geo} será de 12,36 m. O valor de P_{hman} foi estabelecido de acordo com o tipo de sistema de hidrantes escolhido: tipo I.

$$H_{TOTAL} = H + H_{geo} + H_{mangueira} + H_{esguicho} + P_{hman}$$

$$H_{TOTAL} = 1,51 + 12,36 + 13,50 + 3,00 + 4,00 = 34,37 \text{ mca}$$

O valor da perda de carga total deve ser sempre superestimado para que o sistema sempre esteja acima do valor mínimo de pressão e vazão requeridos por norma, dessa forma o valor de H_{TOTAL} é aproximado para 35 mca.

A potência para as bombas de pressurização que serão instaladas no Edifício são calculadas através da Equação 9. O rendimento do motor da bomba será de 60% para que tenha uma margem maior de potência e ao resultado final deve ser arredondado para um valor maior que tenha disponível no mercado.

$$P = \frac{\gamma \cdot Q \cdot H_{TOTAL}}{75 \cdot \eta}$$

$$P = \frac{1000 \cdot 0,0025 \cdot 35}{75 \cdot 0,60} = 1,95 \text{ cv}$$

Deverão ser instaladas duas bombas pressurizadoras de água, uma com alimentação elétrica e outra a combustão (para caso de queda no fornecimento de energia). Com as seguintes especificações: potência de 2 cv, 35 mca e rendimento mínimo de 60 %; vazão mínima de 9 m³/h.

3.7 Sistema de Alarme

O sistema de alarme deverá ser instalado no térreo. A central de alarme de incêndio deve ser supervisionado 24 horas por dia e permitir a identificação das ocorrências de alarme, avarias, testes e comandos através de um *display* gráfico com iluminação de fundo, além das indicações visuais e sonoras.

Os comandos desse sistema deverão ser protegidos do acionamento por pessoas sem capacitação, através de senhas de acesso para os diferentes operadores do sistema. A central deverá possuir uma senha distinta destinada ao nível de programação do sistema, onde deverão estar disponíveis funções para inclusão e exclusão de dispositivos.

O circuito deve ser supervisionado e deve existir uma ligação de retorno à central, de forma que uma eventual interrupção do circuito não implique em paralisação total ou parcial do funcionamento do sistema.

Os acionadores manuais serão instalados a uma altura de 1,20 m a 1,60 m do piso, sendo embutidos ou sobrepostos na parede, e devem ter seu corpo na cor vermelha de segurança. Deverá ser instalado um acionador manual próximo a cada hidrante (ver Apêndices A e B). A distância entre os acionadores manuais não deve ultrapassar 30 m. O acionador manual possuirá indicação visual de funcionamento, sirene interna com oscilador tipo Fá-Dó 110 dB, martelo para a quebra do vidro de proteção e deve ter as seguintes características:

- Deve ser instalado em caixa pintada nas cores padronizadas, com tampa frontal de proteção em vidro não removível e transparente;

- Ter acionamento através de alavanca frontal sem retorno (para este caso o retorno só poderá ser feito através de ferramenta especial), ou botão com travamento;
- Possuir contatos resistentes à degradação por queima por centelhamento;
- Possuir dispositivo de segurança contra acionamentos acidentais.

Os avisadores sonoros devem ser instalados a uma altura entre 2,2 m e 3,5 m. Deveram estar próximos aos hidrantes conforme indicados nos Apêndices A e B. A sirene será do tipo AN/QVS com central CSIS.

3.7.1 Características Técnicas

As baterias deverão ser comuns ou livres de manutenção e as centrais de iluminação de emergência dos tipos CIE 12/360 – 01x12V/ 60Ah e do tipo CIE 24/1000 – 02x 12 V/ 90Ah. A tensão de entrada deve ser *bivolt* (110/220 V) com comutação interna e frequência 50/60 Hz.

Deverão ser utilizados os circuitos de proteção de Nível de Segurança de Descarga (NSD), as quais protegem a bateria contra descarregamento rápido e excessivo. Fusíveis deverão ser instalados do tipo 20 AG (Vidro) e a bateria deve ser do tipo Diazed. Um *LED* indicador para a condição de uso da bateria deve existir, afim de sinalizar o uso da bateria ou da rede elétrica.

O fornecedor dos equipamentos deverá incorporar um projeto executivo com alterações, caso necessárias, incluindo detalhes de montagem, acessórios e interligações necessárias para que o sistema seja funcional e atenda aos requisitos da norma ABNT NBR 17240:2010, identificando e quantificando os equipamentos que atuarão de acordo com a lógica proposta.

3.8 Sinalização de emergência

As saídas de emergência, escadas, rotas de fuga, áreas de risco e os equipamentos de segurança que serão instalados na edificação, deverão ser dotados de sua devida sinalização, conforme a norma ABNT NBR 13434/2004. Os símbolos utilizados estão expostos através da Tabela 52. Nenhuma sinalização de proibição e alerta necessitaram ser instaladas.

Tabela 52 - Sinalização de emergência utilizada

Cód.	Símbolo	Significado	Forma e cor	Quant.
12		Saída de Emergência	Símbolo: retangular Fundo: verde. Pictograma: fotoluminescente. Dimensões mínimas: L = 1,5H.	01
13			Símbolo: retangular Fundo: verde. Pictograma: fotoluminescente. Dimensões mínimas: L = 2,0H.	04
16		Escada de emergência	Símbolo: retangular Fundo: verde Pictograma: fotoluminescente	03
17		Saída de emergência	Símbolo: retangular. Fundo: verde Mensagem: 'SAÍDA' e ou pictograma e ou seta direcional: fotoluminescente, com altura de letra sempre maior que 50 mm	01
20		Alarme sonoro	Símbolo: quadrado Fundo: vermelha Pictograma: fotoluminescente	04
21		Comando manual de alarme ou bomba de incêndio		05- alarme 01- bomba
23		Extintor de incêndio		09
25		Abriço de mangueira e hidrante		04

Fonte: Próprio autor.

3.9 Sistema de Proteção contra Descargas Atmosféricas

Como requisito do Projeto de Combate a Incêndio e Pânico, o dimensionamento do SPDA deve ser feito de acordo com a norma ABNT NBR 5419/2015. O projeto de SPDA somente não se faz necessário quando constatado através do gerenciamento de risco a não necessidade deste sistema. Dessa forma todos os cálculos essenciais para ser feita essa verificação estão ordenados a seguir.

3.9.1 *Análise do Número Anual N de eventos perigosos*

A densidade de descargas atmosféricas para a terra (N_g) é o primeiro indicador para o cálculo do número anual de eventos perigosos (N). Visto que o Edifício é localizado na cidade de Itapipoca no Estado do Ceará, o valor de N_g , de acordo com o site do INPE, é 2,38 descargas por quilômetro quadrado por ano, o qual é um valor bem abaixo da média nacional.

3.9.1.1 *Análise dos Números N_D e N_{DJ}*

Para calcular o valor de N_D e N_{DJ} são necessárias as dimensões da edificação, como o comprimento (L), largura (W) e altura (H) da edificação.

- L (Comprimento do Edifício) = 30 m;
- W (largura do Edifício) = 16,5 m (Tamanho aproximado);
- H (altura do Edifício) = 18,49 m.

A partir dos valores de L, W e H, pode-se determinar a área de exposição equivalente (A_D), calculada através da Equação 22.

$$A_D = L \cdot W + 2 \cdot (3 \cdot H) \cdot (L + W) + \pi \cdot (3 \cdot H)^2$$

$$A_D = 30 \cdot 16,5 + 2 \cdot (3 \cdot 18,49) \cdot (30 + 16,5) + \pi \cdot (3 \cdot 18,49)^2 = 15320,14$$

O valor do fator de localização (C_D) para a estrutura (Tabela 24) terá valor igual a 0,5 pois o prédio é cercado por objetos na mesma altura ou mais baixos. Com os valores de N_g , A_D e C_D o número de eventos perigosos devido a raios diretos na estrutura pode ser calculado (Equação 24).

$$N_D = N_G \cdot A_D \cdot C_D \cdot 10^{-6}$$

$$N_D = 2,38 \cdot 15320,14 \cdot 0,5 \cdot 10^{-6} = 18,23 \cdot 10^{-3}$$

O número médio de eventos perigosos envolvendo estrutura adjacente não entra no cálculo pois, não há estrutura que possa ser englobada no mesmo projeto. Deve então considerar N_{DJ} e A_{DJ} igual a 0.

3.9.1.2 Análise do Número N_M

Para o cálculo do número médio de eventos perigosos provenientes de raios próximos à estrutura (N_M) deve ser conhecido o valor da área de exposição equivalente (A_M). Utilizando as equações 25 e 26, os valores de N_M e A_M são quantificados.

$$A_M = 2 \cdot 500 \cdot (L + W) + \pi \cdot 500^2$$

$$A_M = 2 \cdot 500 \cdot (30 + 16,5) + \pi \cdot 500^2 = 831898,16$$

Com o valor de A_M , N_M pode ser calculado:

$$N_M = N_G \cdot A_M \cdot 10^{-6}$$

$$N_M = 2,38 \cdot 831898,16 \cdot 10^{-6} = 1,98$$

3.9.1.3 Análise do Número N_L

A Equação 27 é utilizada para determinar o valor de N_L (número médio anual de eventos perigosos devido a raios diretamente na linha), que por sua vez depende da Equação 28 para determinar o valor da área de exposição da linha (A_L) e dos fatores C_I , C_E e C_T , estes nas Tabelas 26, 27 e 25, respectivamente. A variável L_L terá seu valor estipulado em 500 m e o valor de A_L será:

$$A_L = 40 \cdot L_L = 40 \cdot 500 = 20000$$

O fator de instalação da linha (C_I) tem valor igual a 1 pois as linhas são aéreas. O fator C_E (fator ambiental) tem valor igual a 0,1, pois a edificação é situada em perímetro urbano. O fator C_T tem valor determinado de 1, pois se trata de linha de energia. Assim, N_L é igual a:

$$N_L = N_G \cdot A_L \cdot C_I \cdot C_E \cdot C_T \cdot 10^{-6}$$

$$N_L = 2,38 \cdot 20000 \cdot 1 \cdot 0,1 \cdot 1 \cdot 10^{-6} = 4,76 \cdot 10^{-3}$$

3.9.1.4 Análise do Número N_I

N_I é o número médio anual de eventos perigosos devido a descargas atmosféricas próximas à linha, sendo dependente da área de exposição equivalente no entorno da linha (A_I). A Equação 29 é referente a A_I e a Equação 30 é referente ao cálculo de N_I , levando em consideração os fatores utilizados para a determinação de N_L .

$$A_I = 4000 \cdot L_L = 4000 \cdot 500 = 2000000$$

$$N_I = N_G \cdot A_I \cdot C_I \cdot C_E \cdot C_T \cdot 10^{-6}$$

$$N_I = 2,38 \cdot 2000000 \cdot 1 \cdot 0,1 \cdot 1 \cdot 10^{-6} = 0,476$$

3.9.2 Análise da probabilidade P_X de danos

3.9.2.1 Análise da probabilidade P_A

A probabilidade de uma descarga atmosférica causar ferimentos a seres vivos por choque elétrico é dada através da Equação 31, que relaciona o fator P_{TA} que indica a medida de proteção adicional existente na edificação (Tabela 28) e P_B referente ao tipo de SPDA adotado (Tabela 29). Logo deve ser percebido que o prédio, ao qual o estudo está sendo feito, não tem nenhuma medida de proteção, incluindo ausência do SPDA, então P_{TA} e P_B terão valores iguais a 1.

$$P_A = P_{TA} \cdot P_B$$

$$P_A = 1 \cdot 1 = 1$$

3.9.2.2 Análise da probabilidade P_B

A probabilidade P_B foi analisada juntamente com a probabilidade P_A , através da Tabela 29, visto que P_A depende diretamente de P_B .

$$P_B = 1$$

3.9.2.3 *Análise da probabilidade P_C*

A probabilidade P_C de um raio causar defeitos em sistemas internos da edificação é calculada através da Equação 32 e deriva da multiplicação entre P_{SPD} , fator referente à classe de DPS utilizado (Tabela 30), e C_{LD} , fator que diz respeito às características da linha que adentra a edificação. Neste caso, como não existe nenhum sistema DPS na estrutura e a linha é área e não blindada, ambos os valores das variáveis são 1.

$$P_C = P_{SPD} \cdot C_{LD} = 1 \cdot 1 = 1$$

3.9.2.4 *Análise da probabilidade P_M*

Esta probabilidade consiste no valor de probabilidade de um raio atingir as redondezas do edifício e causar falhas nos sistemas internos. A Equação 33 exprime o seu valor, sendo ele dependente de P_{SPD} e de P_{MS} , ao passo que este último depende de quatro fatores: K_{S1} (Equação 34), K_{S2} (Equação 35), K_{S3} (Tabela 32) e K_{S4} (Equação 36). Como não se tem o conhecimento da eficiência efetiva da blindagem por malha, os valores de K_{S1} e K_{S2} terão valores máximos iguais a 1. A fiação interna é feita por cabos não blindados e condutores em laços roteados nos mesmos eletrodutos, então o valor de K_{S3} é 0,2. Para realização deste estudo, o valor da tensão suportável de impulso do sistema a ser protegido será estipulada em 2,5 kV. Abaixo são calculados os valores de K_{S4} e em seguida o valor da probabilidade P_M .

$$K_{S4} = \frac{1}{2,5 \cdot 10^3} = 4 \cdot 10^{-4}$$

$$P_M = P_{SPD} \cdot (K_{S1} \cdot K_{S2} \cdot K_{S3} \cdot K_{S4})^2$$

$$P_M = 1 \cdot (1 \cdot 1 \cdot 0,2 \cdot 4 \cdot 10^{-4})^2 = 6,4 \cdot 10^{-9}$$

3.9.2.5 *Análise da probabilidade P_U*

A probabilidade P_U depende de quatro fatores: P_{TU} (Tabela 33), P_{EB} (Tabela 34), P_{LD} (Tabela 35) e C_{LD} (valor igual a 1). O prédio não tem nenhuma medida de proteção, nem existe sistema de proteção contra surtos e para o tipo de linha que alimenta a estrutura e tensão suportável U_w , os valores dos fatores que compõem o valor de P_U são 1.

$$P_U = P_{TU} \cdot P_{EB} \cdot P_{LD} \cdot C_{LD}$$

$$P_U = 1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 = 1$$

3.9.2.6 *Análise da probabilidade P_V*

Esta probabilidade tem como composição os valores de P_{EB} (cujo valor é 1), P_{LD} (valor igual a 1) e C_{LD} (valor igual a 1), todos os fatores já foram apresentados nos outros valores de probabilidade calculados anteriormente. A Equação 38 exprime seu valor.

$$P_V = P_{EB} \cdot P_{LD} \cdot C_{LD}$$

$$P_V = 1 \cdot 1 \cdot 1 = 1$$

3.9.2.7 *Análise da probabilidade P_W*

A probabilidade de um raio em uma linha conectada a estrutura causar danos a equipamentos no prédio é determinada através da Equação 39, dependendo do valor de P_{SPD} , P_{LD} e C_{LD} . Os fatores que compõem esta probabilidade foram apresentados para o cálculo de outras probabilidades.

$$P_W = P_{SPD} \cdot P_{LD} \cdot C_{LD}$$

$$P_W = 1 \cdot 1 \cdot 1 = 1$$

3.9.2.8 *Análise da probabilidade P_Z*

A probabilidade P_Z , dada pela Equação 40, tem como fatores: P_{SPD} (valor igual a 1), P_{LI} (Tabela 36) e C_{LI} (Tabela 31). O valor de P_{LI} com relação a tensão suportável U_w de 2,5

kV e para linhas de energia é de 0,3. O valor de C_{LI} é 1, pois é em relação a linha aérea não blindada.

$$P_Z = P_{SPD} \cdot P_{LI} \cdot C_{LI}$$

$$P_Z = 1 \cdot 0,3 \cdot 1 = 0,3$$

3.9.3 *Análise de quantidade de perda L_X*

3.9.3.1 *Perda de vida humana (L_1)*

Para o cálculo do tipo de perda L_1 do tipo de dano D1 (Dano a seres vivos por choque elétrico), a Equação 41 é utilizada, de forma a definir os valores de L_A e L_U . O fator r_t tem seu valor assimilado através da Tabela 38, e para o caso do Edifício estudado terá valor igual a 0,001 por ter o piso em cerâmica. O valor de L_T é único para este tipo dano, e assim tendo valor igual a 0,01. O fator n_z é a quantidade de pessoas na zona de perigo e n_t é o número máximo de pessoas no edifício, e para os dois valores, devem ser utilizados a população calculada (78 pessoas) e o tempo em que as pessoas permanecem no local (t_z) é colocado o valor total, pois sempre terá alguém no prédio.

$$L_A = L_U = r_t \cdot L_T \cdot (n_z/n_t) \cdot (t_z/8760)$$

$$L_A = L_U = 0,001 \cdot 0,01 \cdot (78/78) \cdot (8760/8760) = 1 \cdot 10^{-5}$$

Com relação ao tipo de dano D2, a Equação 42 é empregada para quantificar os fatores que conceituam numericamente a quantidade de perda L_1 . O fator r_p (Tabela 39) tem valor igual a 0,5, pois as providências referentes ao projeto de combate a incêndio serão adotadas. O fator r_f (Tabela 40) tem valor igual a 0,01 para uma quantidade de risco normal a incêndio. O valor de h_z é dado como 2, pois o número de pessoas na edificação não supera 100 pessoas e assim tem um baixo nível de pânico. O fator de perda típico (L_F) para o tipo de dano D2 (danos físicos) tem valor igual a 0,1, pois é enquadrado como edifício cívico.

$$L_B = L_V = r_p \cdot r_f \cdot h_z \cdot L_F \cdot (n_z/n_t) \cdot (t_z/8760)$$

$$L_B = L_V = 0,5 \cdot 0,01 \cdot 2 \cdot 0,1 \cdot (78/78) \cdot (8760/8760) = 1 \cdot 10^{-3}$$

O tipo de dano D3 não é calculado, uma vez que não há possibilidade de perda de vidas por conta de falhas de sistemas internos.

3.9.3.2 *Perda de serviço ao público (L2)*

O cálculo deste tipo de perda não será aplicado, pois não existe nenhuma atividade de serviço ao público no prédio.

3.9.3.3 *Perda inaceitável de patrimônio cultural (L3)*

Este tipo de perda não se aplica, pois no edifício não contém nenhum objeto que se configure patrimônio cultural.

3.9.3.4 *Perda econômica (L4)*

Para calcular este tipo de perda, devem ser conhecidos os valores de todos os sistemas, conteúdos pessoais, mobílias, entre outros que estejam na edificação. Como não é possível ter conhecimento sobre o valor exato dos valores, esta perda não será aplicada e a desconsideração dela não acarretará a um erro de projeto, visto que apenas um dos riscos deve ter valor acima do tolerável para que já necessite de implantação de um SPDA.

3.9.4 *Análise dos riscos R_x*

3.9.4.1 *Risco – R_1*

A Equação 10 refere-se ao risco R_1 :

$$R_1 = R_{A1} + R_{B1} + R_{C1}^1 + R_{M1}^1 + R_{U1} + R_{V1} + R_{W1}^1 + R_{Z1}^1$$

Porém os fatores de risco que tenham um sobrescrito de número 1, estão relacionados a locais com risco de explosão ou hospitais, como o Edifício no qual está sendo fonte do estudo não apresenta estas características, a Equação do risco R_1 reduz-se a:

$$R_1 = R_{A1} + R_{B1} + R_{U1} + R_{V1}$$

Os quatro fatores de risco, R_{A1} , R_{B1} , R_{U1} e R_{V1} podem ser calculados através das equações 14, 15, 18 e 19, respectivamente. Os valores que compõem esses fatores de risco são as probabilidades já calculadas.

$$R_A = N_D \cdot P_A \cdot L_A$$

$$R_A = 18,25 \cdot 10^{-3} \cdot 1 \cdot 1 \cdot 10^{-5} = 18,25 \cdot 10^{-8}$$

$$R_B = N_D \cdot P_B \cdot L_B$$

$$R_B = 18,25 \cdot 10^{-3} \cdot 1 \cdot 1 \cdot 10^{-3} = 18,25 \cdot 10^{-6}$$

$$R_U = (N_L + N_{DJ}) \cdot P_U \cdot L_U$$

$$R_U = (4,76 \cdot 10^{-3} + 0) \cdot 1 \cdot 1 \cdot 10^{-5} = 4,76 \cdot 10^{-8}$$

$$R_V = (N_L + N_{DJ}) \cdot P_V \cdot L_V$$

$$R_V = (4,76 \cdot 10^{-3} + 0) \cdot 1 \cdot 1 \cdot 10^{-3} = 4,76 \cdot 10^{-6}$$

Somando os quatro fatores para obter o valor de R_1 :

$$R_1 = 18,25 \cdot 10^{-8} + 18,25 \cdot 10^{-6} + 4,76 \cdot 10^{-8} + 4,76 \cdot 10^{-6} = 2,32401 \cdot 10^{-5}$$

Como o limite de tolerância é de $1 \cdot 10^{-5}$, então R_1 resultou em um valor maior, concluindo assim que há a necessidade de instalação de um SPDA. As análises dos outros riscos não foram feitas por conta de a edificação não estar englobada nas atividades referentes.

3.9.5 Determinação da classe do SPDA

Para determinar a classe de SPDA que reduziria o valor do risco para dentro do aceitável, deve-se realizar todo o cálculo de probabilidades, alterando os valores dos fatores que dependem da instalação de um sistema de proteção contra descargas atmosféricas. Caso o risco ainda continue maior que o tolerável, o cálculo deve ser feito novamente adicionando um sistema de DPS da classe mais baixa para a mais alta. Se ainda assim, continuar acima do tolerável, deve ser modificada a classe, até que a categoria do SPDA e/ou DPS utilizada faça com que o valor de risco fique dentro do tolerável.

Dessa maneira, refazendo os cálculos com um SPDA classe IV, a probabilidade P_B passa a ter valor igual a 0,2, e após recalculer o risco R_1 têm-se um valor de $8,4341 \cdot 10^{-6}$, no qual é menor que $1 \cdot 10^{-5}$. Dessa forma, um SPDA de Classe IV, já é o suficiente para a proteção do edifício.

3.9.6 *Subsistema de captação*

3.9.6.1 *Método do ângulo de proteção*

De acordo com o gráfico da figura 11, e a curva para a classe IV de SPDA e uma altura de 3,91 m (tomando como plano de referência o telhado) do telhado para o ponto mais alto da caixa de água do prédio, obtém-se um ângulo de aproximadamente 78° . Utilizando a Equação 50, é calculado o raio de proteção para este captor tipo Franklin.

$$R = h_1 \cdot \tan(\alpha)$$

$$R = 3,91 \cdot \tan(78) = 18,40 \text{ m}$$

Este valor de raio, não consegue cobrir toda a extensão do prédio. Dessa maneira, faz-se necessário a utilização de no mínimo dois captores para proteger toda a área abrangida pelo edifício.

3.9.6.2 *Método de malha (gaiola de Faraday)*

Para um SPDA de classe IV o máximo afastamento dos condutores da malha deve ser de 20x20 m, porém a estrutura metálica presente ao teto do edifício pode ser utilizada como captor natural.

3.9.6.3 *Método da esfera rolante*

A partir da Tabela 44 o raio da esfera rolante é determinado de acordo com a classe do SPDA. Como a classe estabelecida foi a IV, o raio deve ser de 60 m.

Para o caso de adição de captores, a Equação 51 determina a altura do captor.

$$H_c = R_e \cdot \left\{ 1 - \sqrt{1 - \left[\frac{Le/2}{R_e} + \sqrt{\frac{H_{ext}}{R_e} \cdot \left(2 - \frac{H_{ext}}{R_e} \right)} \right]^2} \right\}$$

$$H_c = 60 \cdot \left\{ 1 - \sqrt{1 - \left[\frac{16,5/2}{60} + \sqrt{\frac{18,49}{60} \cdot \left(2 - \frac{18,49}{60} \right)} \right]^2} \right\} = 29,34 \text{ m}$$

Com a utilização de um único captor acima da caixa de água, o telhado deverá servir como captor natural e ao longo de seu corpo metálico devem ser colocadas as junções para que tenham continuidade entre as partes do telhado e os condutores de descida.

3.9.6.4 Método utilizado

O método que irá ser utilizado será o que envolve um captor tipo Franklin e a utilização do telhado metálico como captor natural. Porém alguns ajustes serão feitos para que a proteção seja efetiva.

O captor tipo Franklin deverá ser posicionado acima da caixa de água e ter um mastro de tamanho igual a 2 m, totalizando uma altura h1 (com o telhado sendo o plano de referência) de 5,91 m. Um novo ângulo foi analisado através do gráfico da figura 11 e tem seu valor aproximado de 75°. Refazendo o cálculo do raio de proteção tem-se:

$$R = 5,91 \cdot \tan(75) = 22,06 \text{ m}$$

O telhado utilizado como captor natural é feito de Alumínio e tem espessura de 0,8 mm. A norma ABNT NBR 5419/2015 não indica obrigatoriedade de utilização de mini captores, porém estes serão instalados junto às bordas do telhado e serão interligados através de cabo de cobre nu com área de seção transversal de 35 mm².

3.9.7 Subsistema de descida

O número de descidas depende da classe do SPDA adotado e das distâncias entre os condutores associados a ela. A partir da Tabela 47, observa-se que a distância entre cada condutor de descida, para a classe IV, é de 20 metros. Dessa forma, um pequeno cálculo é feito

dividindo todo o perímetro de área construída do edifício por 20, assim é determinada a quantidade de descidas que deverão ser adotadas na edificação. O perímetro (P) do prédio foi medido através do Software AutoCad, de acordo com as plantas baixas disponíveis da estrutura, cujo valor mensurado foi de 97,83 metros.

$$N_{descidas} = \frac{P}{20}$$

$$N_{descidas} = \frac{97,83}{20} = 4,89 \text{ descidas}$$

$$N_{descidas} = 4,89 \text{ descidas}$$

O número de descidas deve ser arredondado para o maior valor inteiro mais próximo, no caso deverão ser implantadas 5 descidas (conforme Apêndice C). O esquema de descida do captor tipo Franklin deve obedecer ao descrito no Apêndice E e o esquema referente a descida das telhas metálicas deve obedecer ao Apêndice G. Os condutores de descida serão de cabos de Cobre nu com seção transversal de 35 mm². A proteção mecânica deverá ser de PVC rígido com 3 metros de altura, para evitar contato direto de pessoas com o cabo.

3.9.8 *Subsistema de aterramento*

O subsistema de aterramento é imprescindível para o correto funcionamento do SPDA e a proteção deve ser feita por uma malha de aterramento que deve dissipar a corrente elétrica proveniente da descarga atmosférica.

O subsistema terá as seguintes características para que desenvolva corretamente sua função:

- O aterramento será do tipo anel com hastes verticais Copperweld;
- A malha será interligada através de cabos de cobre nu de seção transversal de 50 mm² a 50 cm de profundidade;
- As hastes de aterramento de 5/8" de espessura e 3 metros de comprimento de alta camada devem ser conectadas por meio de solda exotérmica.
- A malha e os eletrodos devem ser instalados a um metro de distância das fundações da estrutura.
- A resistência do aterramento deve ser menor que 10 Ω;

- Deverá existir duas caixas de inspeção de aterramento.

Os detalhes das caixas de inspeção de aterramento estão dispostos no Apêndice C. Os detalhes da vala para a malha de aterramento, das conexões do cabo com as hastes de cobre e as amarrações com ferragens próximas, no Apêndice G.

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com a conclusão deste trabalho, é perceptível que a segurança das edificações, sejam elas com destino residencial ou para utilização de empresas, deve ser tratada como algo de extrema relevância e comprometimento, tanto pelos profissionais que desenvolvem e dimensionam projetos, mas também por todos àqueles que utilizam o local, a fim de resguardar a vida e os bens materiais.

Foi visto que o crescimento da criação e aplicação de normas técnicas brasileiras voltadas a segurança contra incêndios aconteceu após tragédias ocorridas em prédios na cidade de São Paulo, e recentemente em uma boate no Rio Grande do Sul. Estes acontecimentos reforçaram, de maneira trágica, o conceito de segurança e como as medidas devem ser seguidas de maneira rigorosa.

Devido a essas ocorrências, este trabalho tem como objetivos a tratar de compreender os requisitos normativos existentes, e através disto, apresentar um estudo de caso com o projeto de combate a incêndio e pânico em um edifício na cidade de Itapipoca-CE, de forma a contribuir para uma melhor compreensão, das normas utilizadas, por parte dos engenheiros e arquitetos que desenvolverão este tipo de trabalho, garantindo a disseminar a cultura de segurança contra incêndio em condomínios, escolas e empresas e promovendo o cuidado à vida.

Para o desenvolvimento do estudo, conceitos básicos de incêndio e sobre alguns equipamentos que compõem o PCIP foram expostos ao decorrer do trabalho. Para a elaboração do projeto, no Edifício estudado, foi feita uma análise da planta baixa do edifício, de forma a dimensionar os sistemas que atuarão na proteção da estrutura, desde a localização e quantidade correta de aparelhos extintores e sistema de hidrantes, até o sistema de proteção contra raios. A complementação deste trabalho é feita através do Projeto desenhado por meio do *Software AutoCad* que tem como finalidade a elaboração de desenhos técnicos de diversas áreas, seja civil, elétrica, mecânica, etc.

Por fim, este trabalho pode ser utilizado como base para desenvolvimento de projetos de segurança contra incêndios situados no Estado do Ceará, visto que cada Estado federativo contém suas normas técnicas específicas (baseadas nas normas da ABNT e normas internacionais), em poder do seu Corpo de Bombeiros Militar referente.

REFERÊNCIAS

ARAÚJO, Alessandro Felipe. *et al.* **Medição de vazão: conceitos e métodos de medidas.** [201-?]. 10p. Artigo apresentado como requisito parcial para aprovação na disciplina Engenharia de Automação de Processos Industriais II, Curso de Engenharia de Produção, Universidade do Estado de Minas Gerais, Divinópolis.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 9077:** saídas de emergência em edifícios. Rio de Janeiro. 2001.

_____. **ABNT NBR 10898:** sistema de iluminação de emergência. Rio de Janeiro. 1999.

_____. **ABNT NBR 12693:** sistema de proteção por extintor de incêndio. Rio de Janeiro. 2013.

_____. **ABNT NBR 13714:** sistemas de hidrantes e de mangotinhos para combate a incêndio. Rio de Janeiro. 2000.

_____. **ABNT NBR 11861:** mangueira de incêndio – requisitos e métodos de ensaio. Rio de Janeiro. 1998.

_____. **ABNT NBR 10898:** sistema de iluminação de emergência. Rio de Janeiro. 1999.

_____. **ABNT NBR 17240:** sistemas de detecção e alarme de incêndio – projeto, instalação, comissionamento e manutenção de sistemas de detecção e alarme de incêndio - requisitos. Rio de Janeiro. 2010.

_____. **ABNT NBR 13434-1:** sinalização de segurança contra incêndio e pânico. Parte 1: princípios de projeto. Rio de Janeiro. 2004a.

_____. **ABNT NBR 13434-2:** sinalização de segurança contra incêndio e pânico. Parte 2: símbolos e suas formas, dimensões e cores. Rio de Janeiro. 2004b.

_____. **ABNT NBR 5410:** instalações elétricas de baixa tensão. Rio de Janeiro. 2004c.

_____. **ABNT NBR 5419-1:** proteção contra descargas atmosféricas. Parte 1: princípios gerais. Rio de Janeiro. 2015a.

_____. **ABNT NBR 5419-2:** proteção contra descargas atmosféricas. Parte 2: gerenciamento de risco. Rio de Janeiro. 2015b.

_____. **ABNT NBR 5419-3**: proteção contra descargas atmosféricas. Parte 3: danos físicos a estruturas e perigos à vida. Rio de Janeiro. 2015c.

_____. **ABNT NBR 5419-4**: proteção contra descargas atmosféricas. Parte 4: sistemas elétricos e eletrônicos internos na estrutura. Rio de Janeiro. 2015d.

CORPO DE BOMBEIROS MILITAR DO ESTADO CEARÁ. **Norma Técnica N.º 001/2008**: procedimento administrativo. Fortaleza, 2008a.

_____. **Norma Técnica N.º 005/2008**: saídas de emergência. Fortaleza. 2008b.

_____. **Norma Técnica N.º 009/2008**: iluminação de emergência. Fortaleza. 2008c.

_____. **Norma Técnica N.º 004/2008**: sistema de proteção por aparelhos extintores. Fortaleza. 2008d.

_____. **Norma Técnica N.º 006/2008**: sistema de hidrantes para combate a incêndio. Fortaleza. 2008e.

_____. **Norma Técnica N.º 012/2008**: sistema de detecção e alarme. Fortaleza. 2008f.

DE FARIA, Aribaldo A. **Manual de prevenção contra incêndio**. Belo Horizonte: Academia de Polícia Militar da Polícia Militar de Minas Gerais, 1986.

GOMES, Taís. **Projeto de prevenção e combate a incêndio**. 2004. 93f. TCC (Graduação em Engenharia Civil) – Centro de Tecnologia, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2014.

JUNIOR, Joab Silas da Silva. “**O que é pressão?**”; Brasil Escola. Disponível em: <<https://brasilecola.uol.com.br/o-que-e/fisica/o-que-e-pressao.htm>>. Acesso em: 20 de maio de 2018.

NETO, José Martiniano de Azevedo. *et al.* **Manual de Hidráulica**. 8. ed. São Paulo: Edgard Blucher, 1998. 669p.

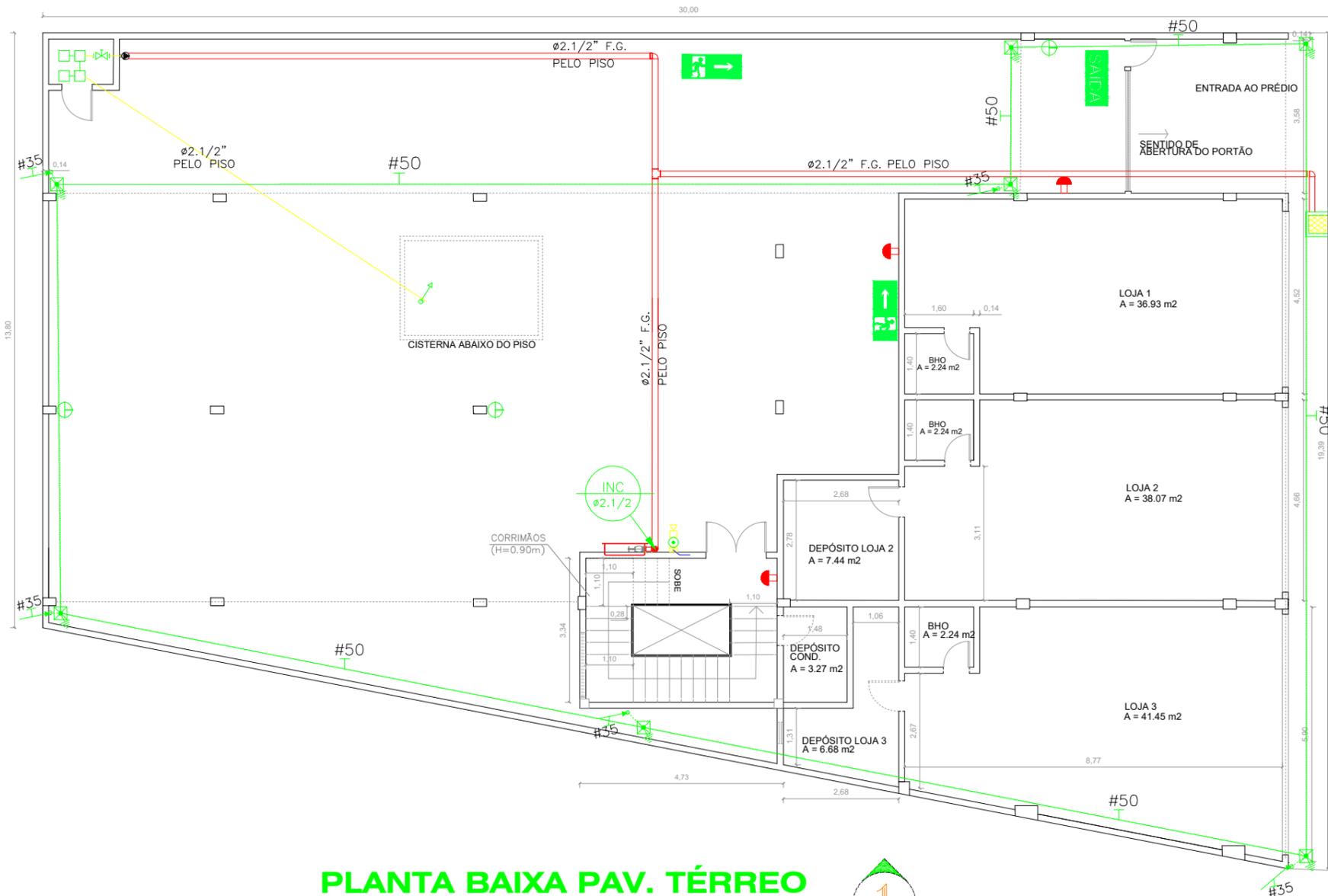
SEITO, Alexandre Itiu. *et al.* **A segurança contra incêndio no Brasil**. São Paulo: Projeto Editora, 2008. 457p.

SOUZA, Ingrid Fernandes Morais de. **Estudo da norma ABNT 5419/2015 com estudo de caso no antigo prédio do centro brasileiro de pesquisas físicas**. 2016. 90p. TCC (Graduação em Engenharia Elétrica) – Centro de Tecnologia, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2016.

SOUZA, Pedro Henrique A. I. **Apresentação dos cálculos para seleção de bomba para sistema de reaproveitamento de água de poços artesianos.** 2014. 67p. TCC (Graduação em Engenharia Mecânica) – Escola Politécnica, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2014.

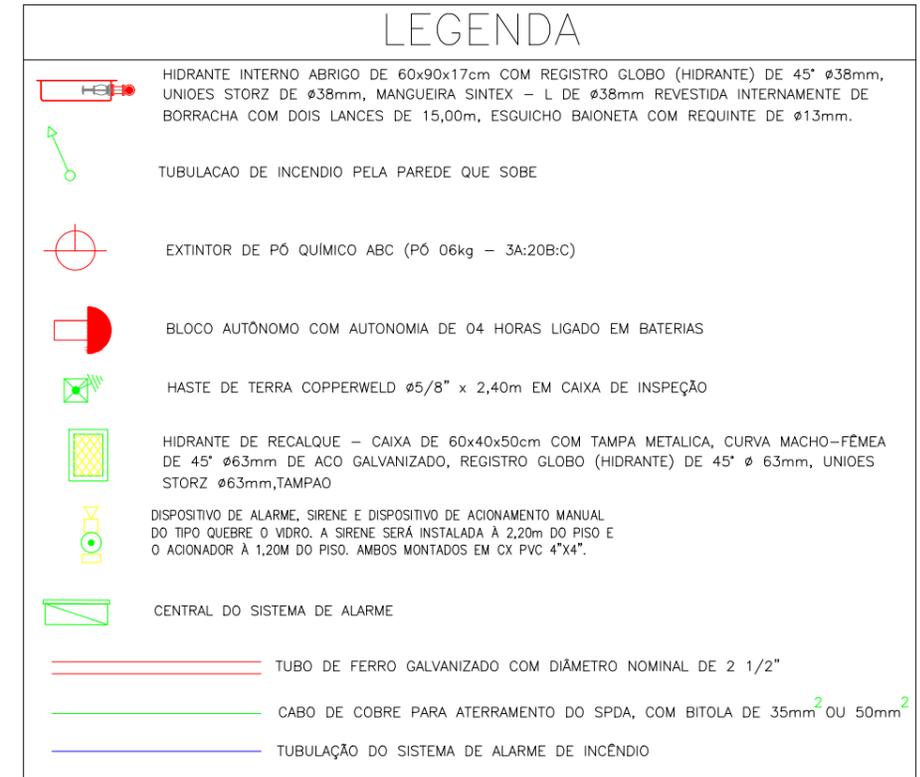
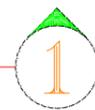
WAGNER, Felipe. **“Sprinkler – O que é? Como funciona?”**; RW Engenharia. Disponível em: <www.rwengenharia.eng.br/sprinkler-como-funciona/>. Acesso em: 18 de maio de 2018.

APÊNDICE A - PLANTA BAIXA DO PAVIMENTO TÉRREO

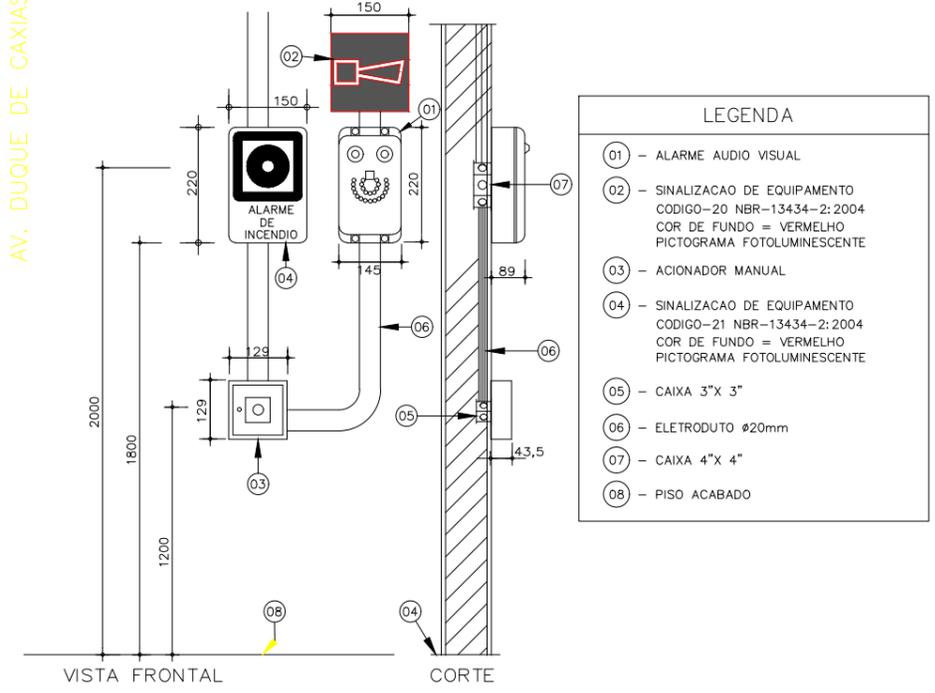


PLANTA BAIXA PAV. TÉRREO

ESCALA: 1 / 125



AV. DUQUE DE CAXIAS

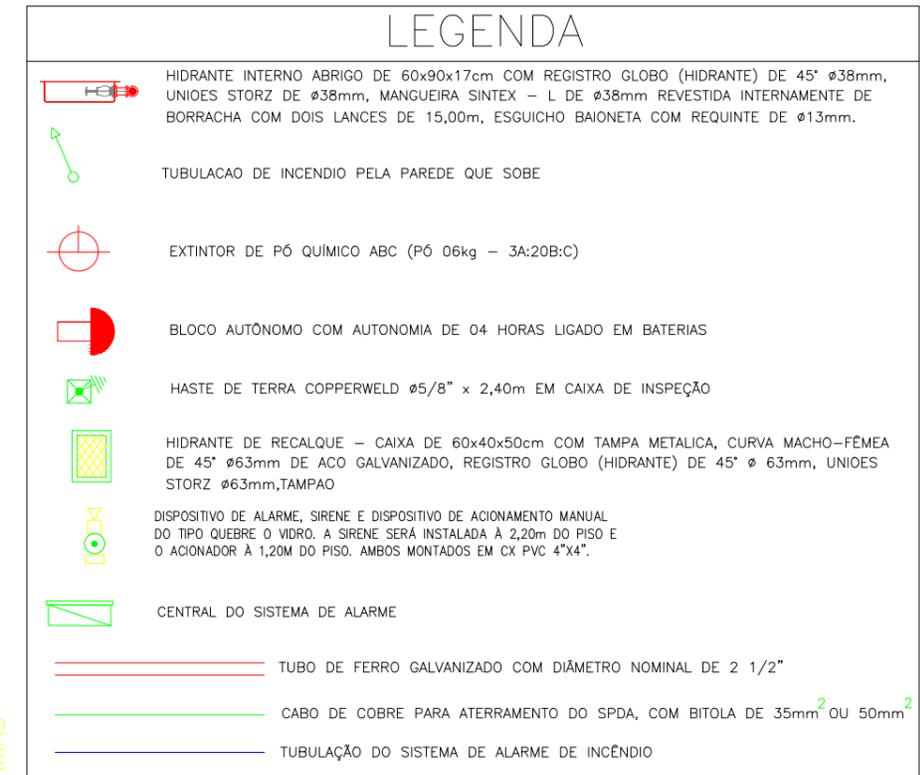


DETALHE DO ACIONADOR MANUAL E ALARME AUDIO VISUAL SEM ESCALA

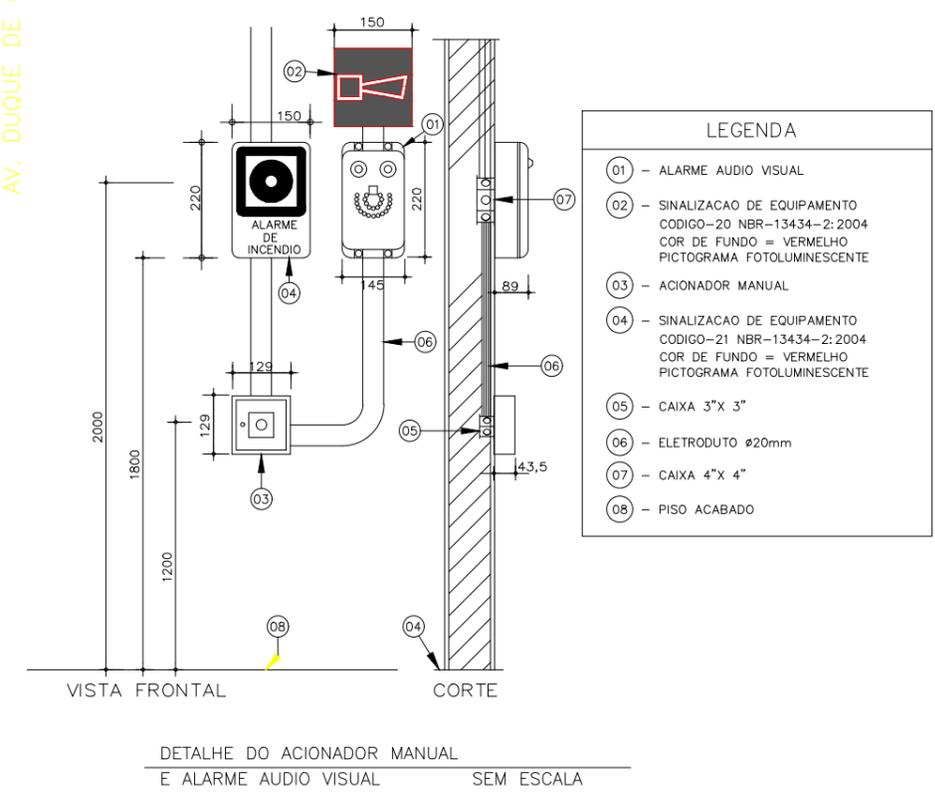
APÊNDICE B - PLANTA BAIXA DOS PAVIMENTOS 2, 3 E 4



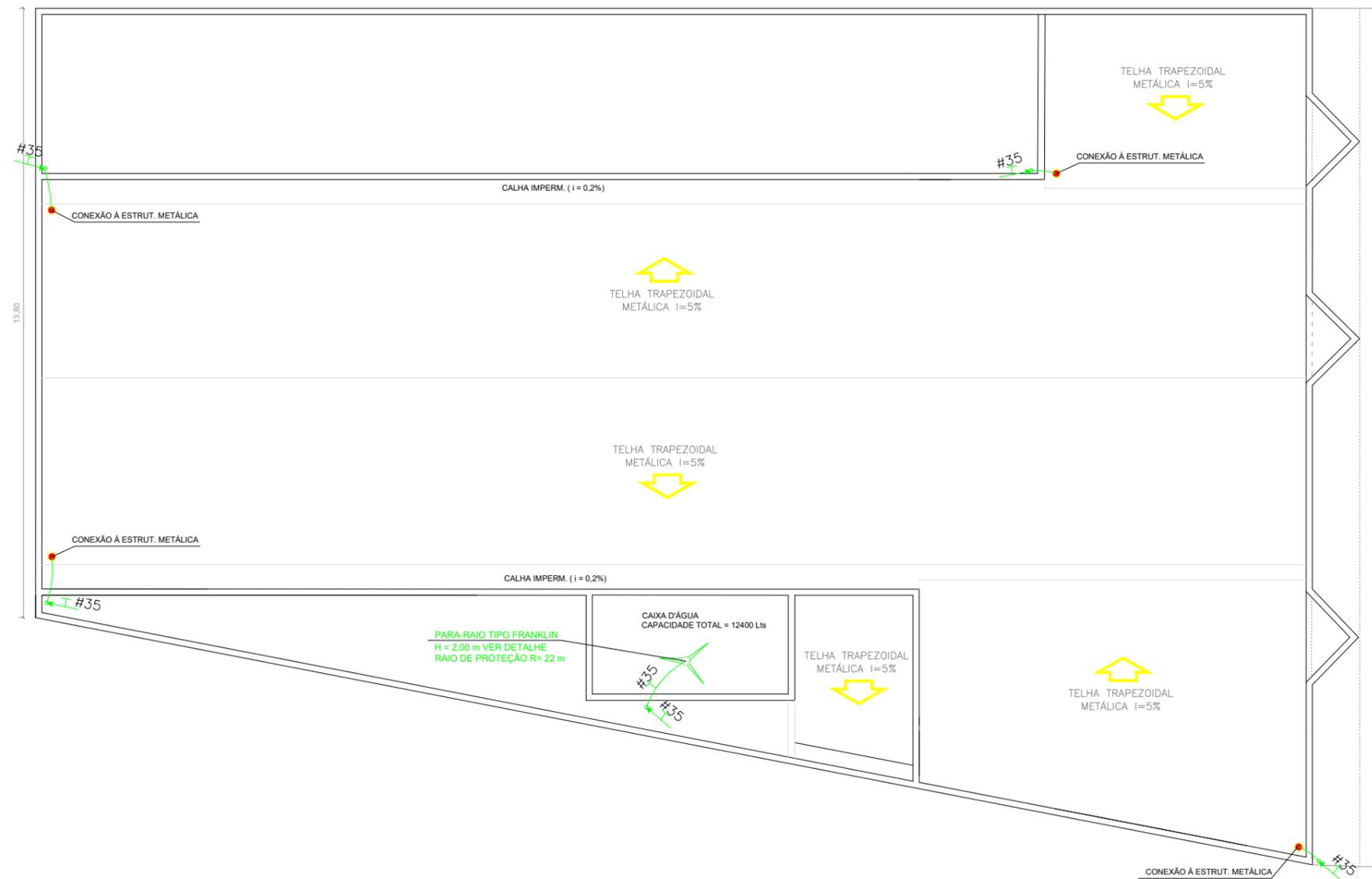
PLANTA BAIXA PAV. 2/3/4
 ESCALA: 1 / 125



AV. DUQUE DE CAXIAS

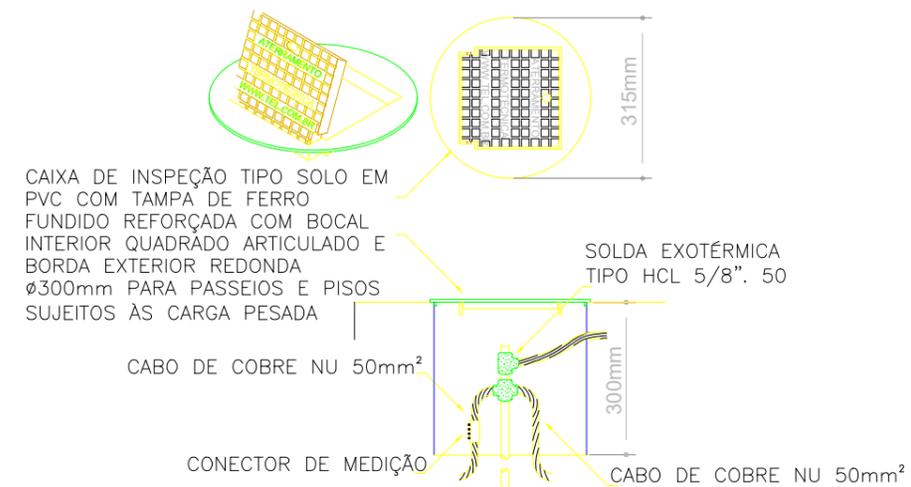
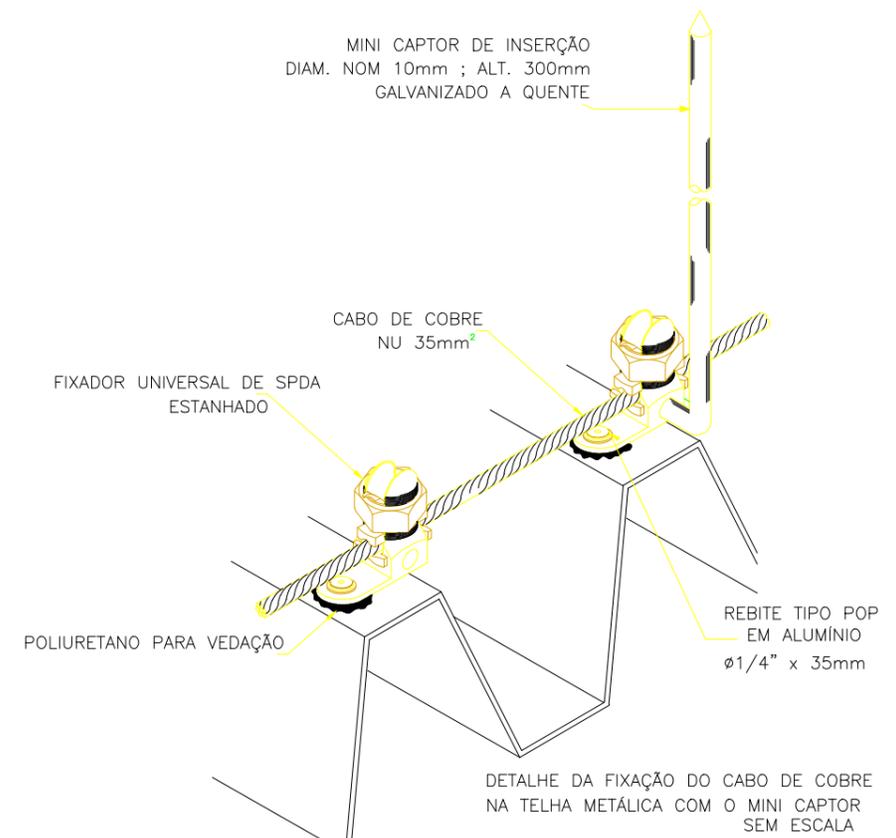


APÊNDICE C - PLANTA DE COBERTA E DETALHES



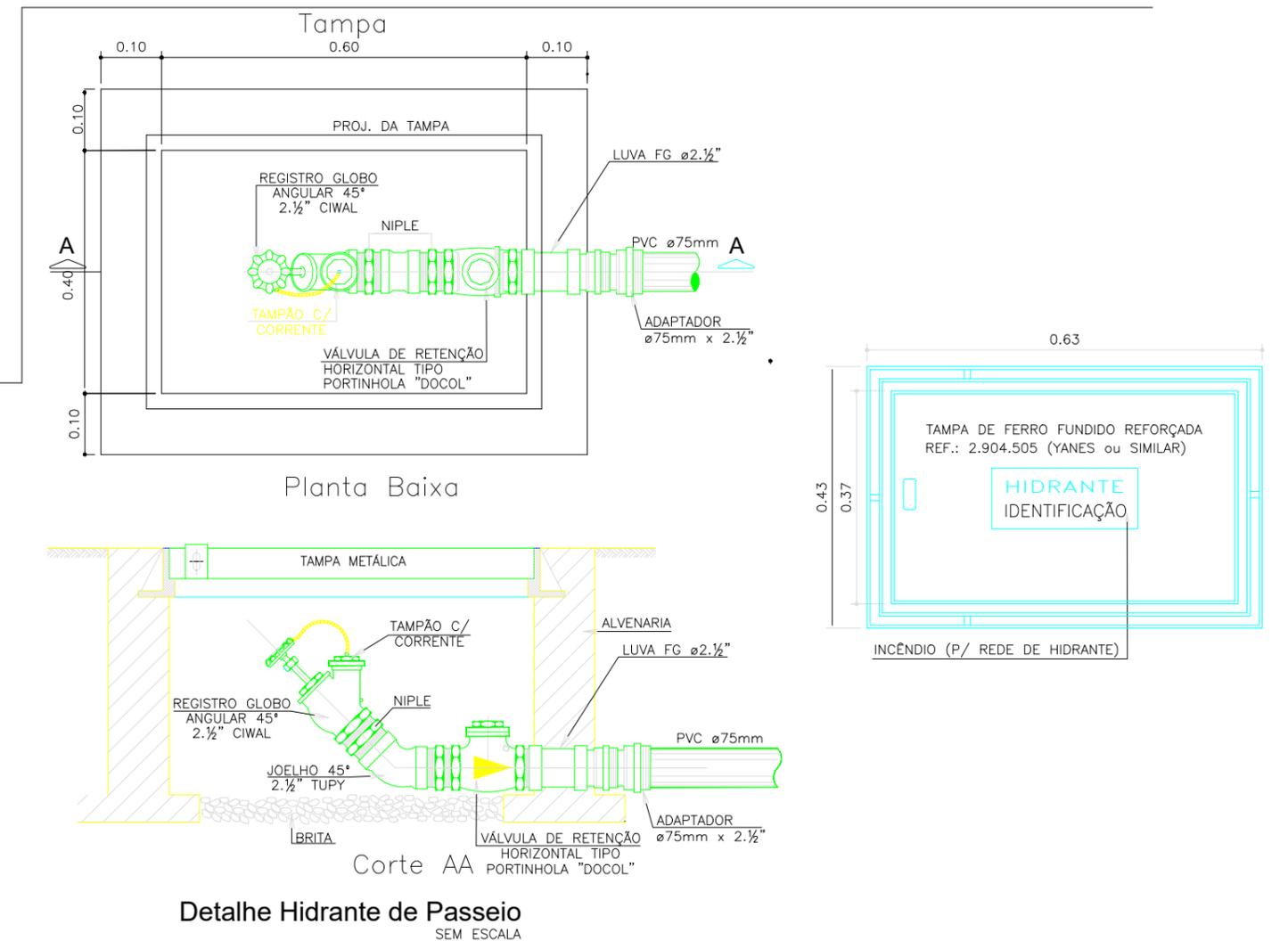
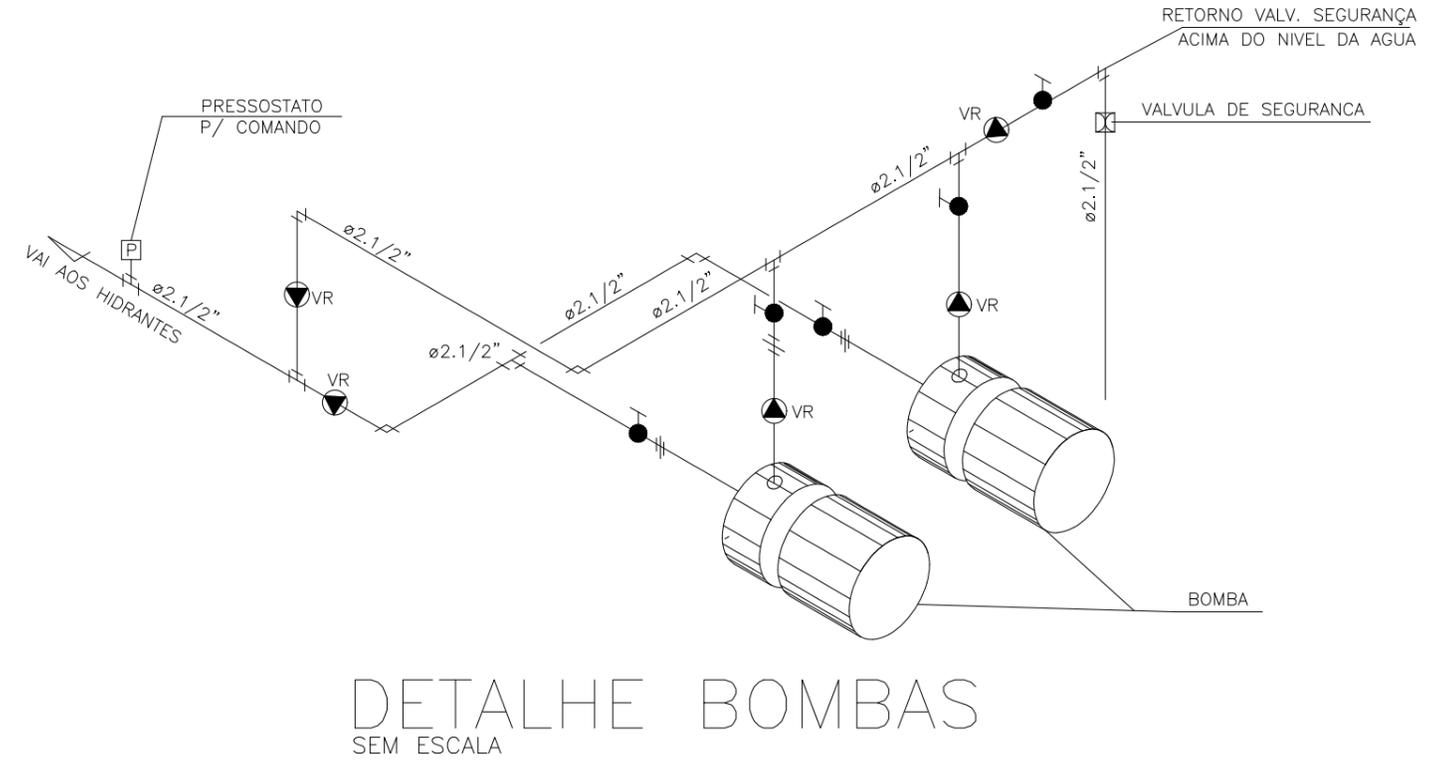
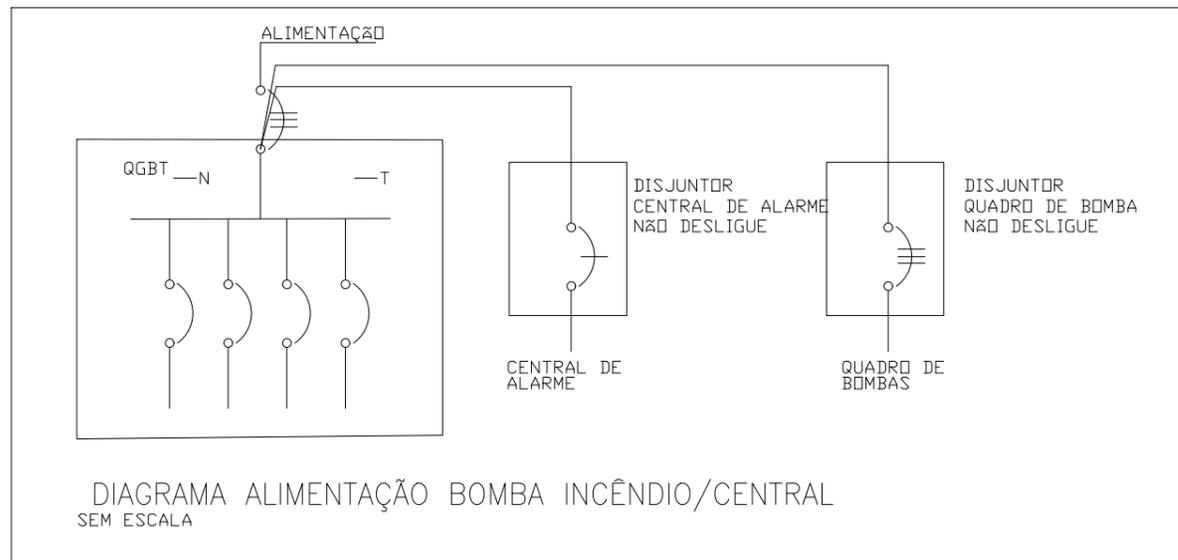
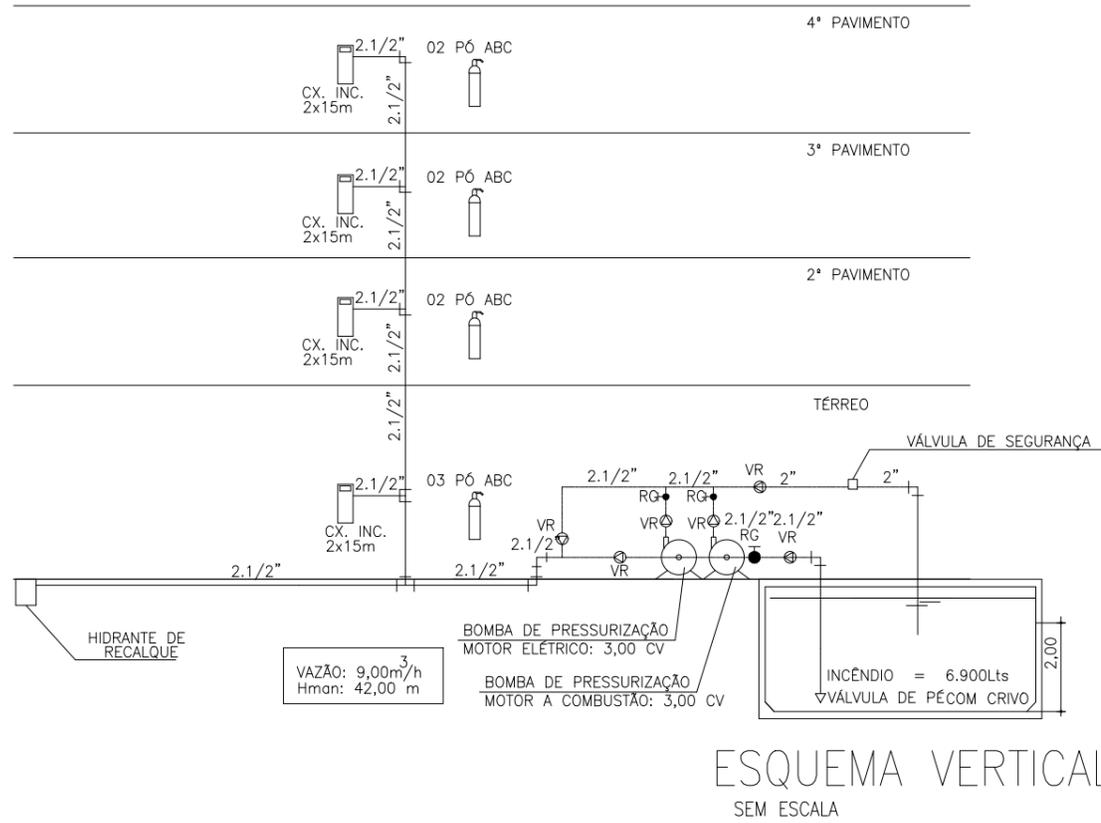
PLANTA DE COBERTA

ESCALA: 1 / 125

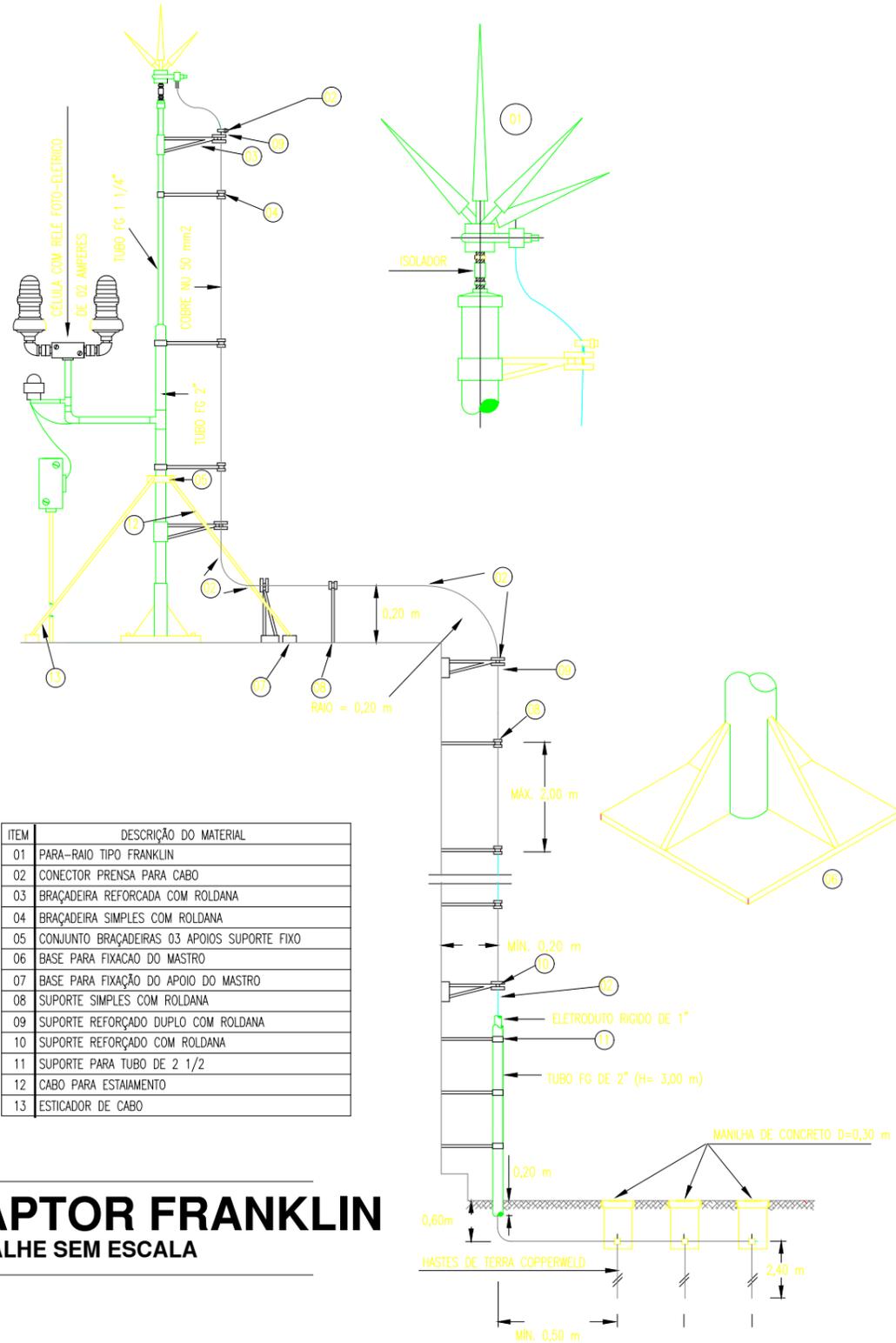


DETALHE DE INSTALAÇÃO DA CAIXA DE INSPEÇÃO TIPO SOLO COM TAMPA REFORÇADA PARA CONEXÃO DAS MALHAS SEM ESCALA

APÊNDICE D - HIDRANTES E BOMBAS

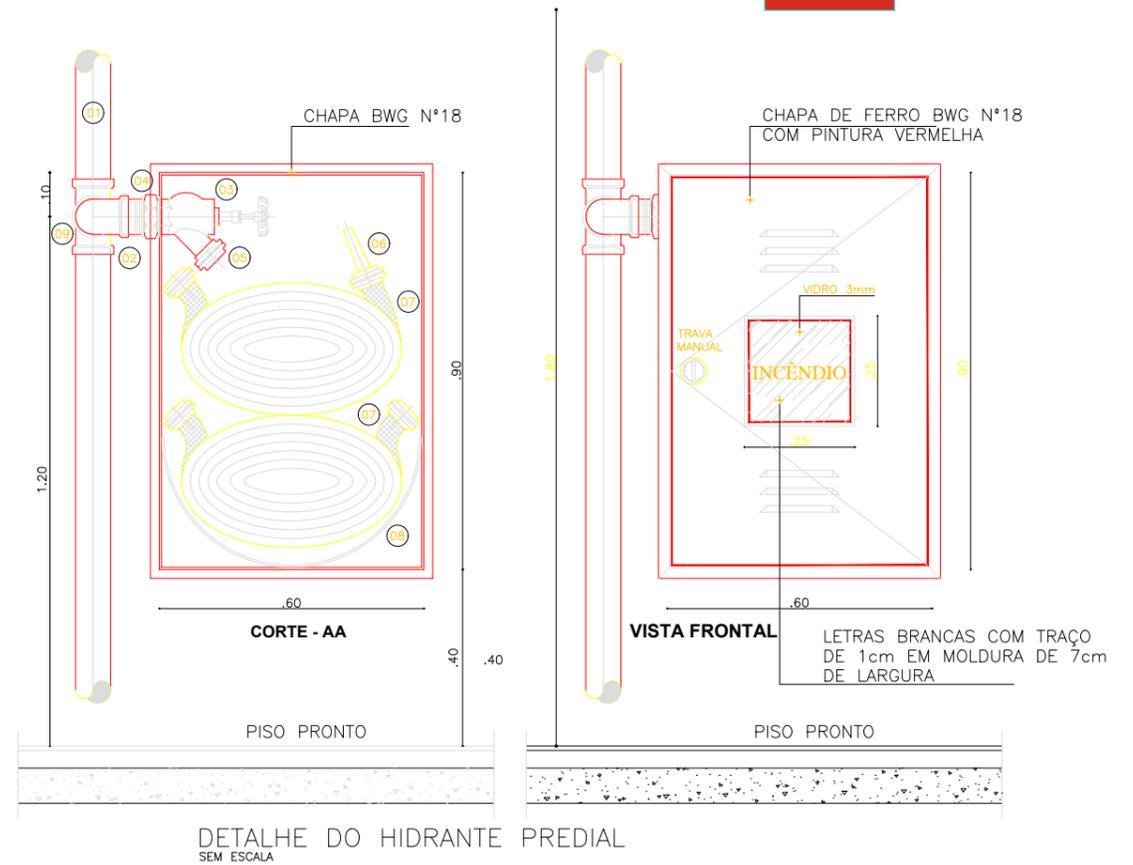


APÊNDICE E - DETALHES DO CAPTOR E CAIXAS DE INCÊNDIO



ITEM	DESCRIÇÃO DO MATERIAL
01	PARA-RAIO TIPO FRANKLIN
02	CONECTOR PREENSA PARA CABO
03	BRAÇADEIRA REFORÇADA COM ROLDANA
04	BRAÇADEIRA SIMPLES COM ROLDANA
05	CONJUNTO BRAÇADEIRAS 03 APOIOS SUPORTE FIXO
06	BASE PARA FIXAÇÃO DO MASTRO
07	BASE PARA FIXAÇÃO DO APOIO DO MASTRO
08	SUPORTE SIMPLES COM ROLDANA
09	SUPORTE REFORÇADO DUPLO COM ROLDANA
10	SUPORTE REFORÇADO COM ROLDANA
11	SUPORTE PARA TUBO DE 2 1/2
12	CABO PARA ESTAIAMENTO
13	ESTICADOR DE CABO

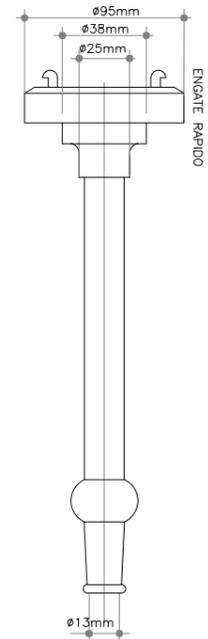
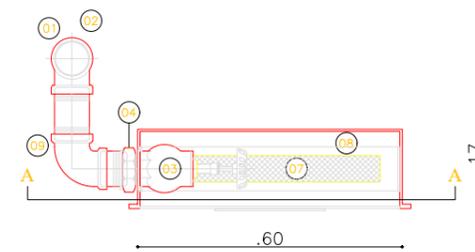
CAPTOR FRANKLIN
DETALHE SEM ESCALA



DETALHE DO HIDRANTE PREDIAL
SEM ESCALA

ESPECIFICAÇÕES:

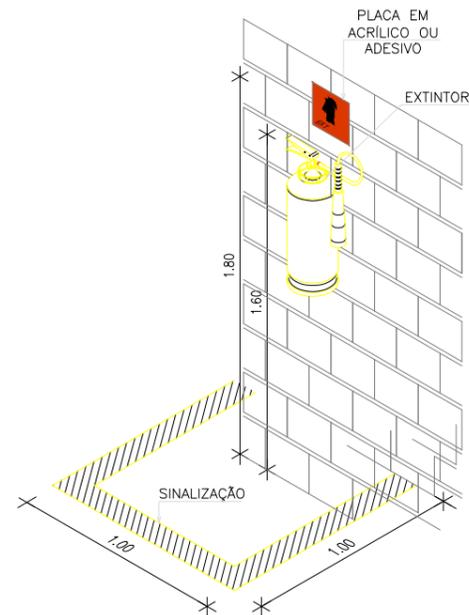
- 01 - COLUNA DE ÁGUA PARA INCÊNDIO DE 2.1/2" EM FERRO GALVANIZADO. OU COBRE CLASSE "A" Ø54mm
- 02 - TÊ 2.1/2" EM FERRO GALVANIZADO OU BRONZE Ø54mm COD. 611.
- 03 - REGISTRO DE GLOBO ANGULAR 45° x Ø2.1/2" EM BRONZE.
- 04 - UNIÃO EM FERRO GALVANIZADO DE 2.1/2" OU CONECTOR EM BRONZE Ø54 x Ø2.1/2". COD. 604.
- 05 - CONEXÃO STORZ (UNIÃO DE ENGATE RÁPIDO) EM BRONZE.
- 06 - ESGUICHO DE 1.1/2" COM REQUINTE DE 1/2" EM BRONZE.
- 07 - MANGUEIRA SINTEX PREDIAL DE 1.1/2" COMPRIMENTO DE 30m (2 x 15m) PARA TÉRREO E SUBSOLOS 01 E 02.
- 08 - SUPORTE PARA MANGUEIRA ARTICULADO.
- 09 - JOELHO 2.1/2" EM FERRO GALVANIZADO.



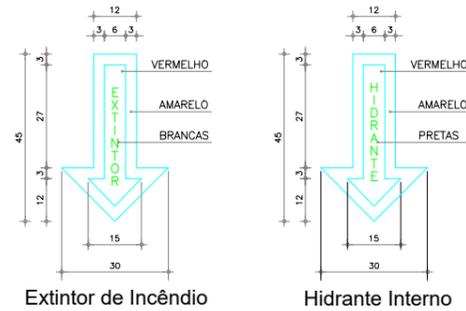
DETALHE "B" - ESGUICHO COM REQUINTE

APÊNDICE F - DETALHES DE EXTINTORES E SINALIZAÇÃO

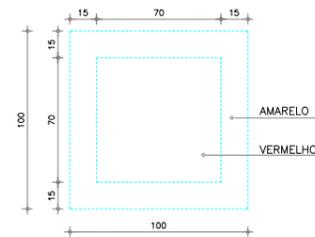
DETALHE EXTINTOR SEM ESCALA



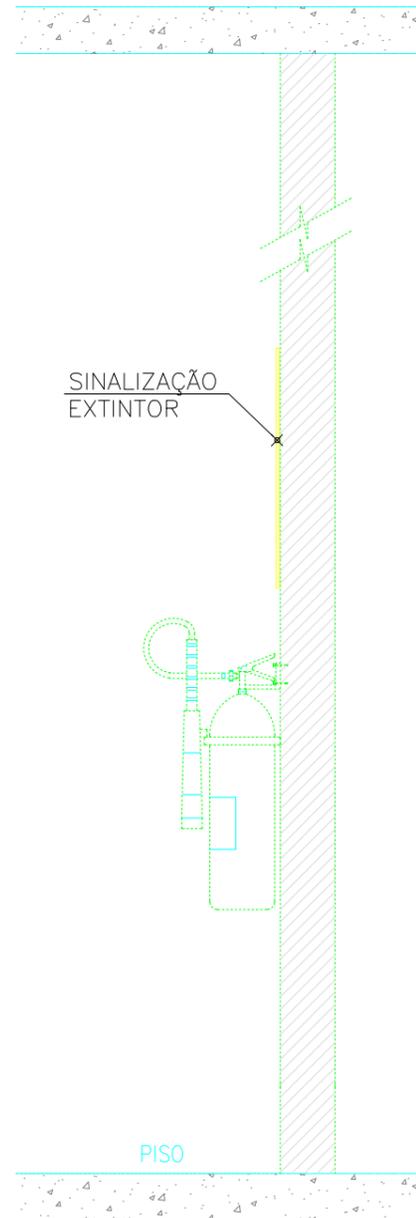
OBSERVAÇÕES: OS EXTINTORES DEVERÃO SER FIXADOS A 1,60m DO PISO, SEMPRE EM ALVENARIA OU, QUANDO A PAREDE INDICADA FOR DE GESSO ACARTONADO, INSERIR NA PAREDE PERFIL DE AÇO GALVANIZADO DE REFORÇO INTERNO.



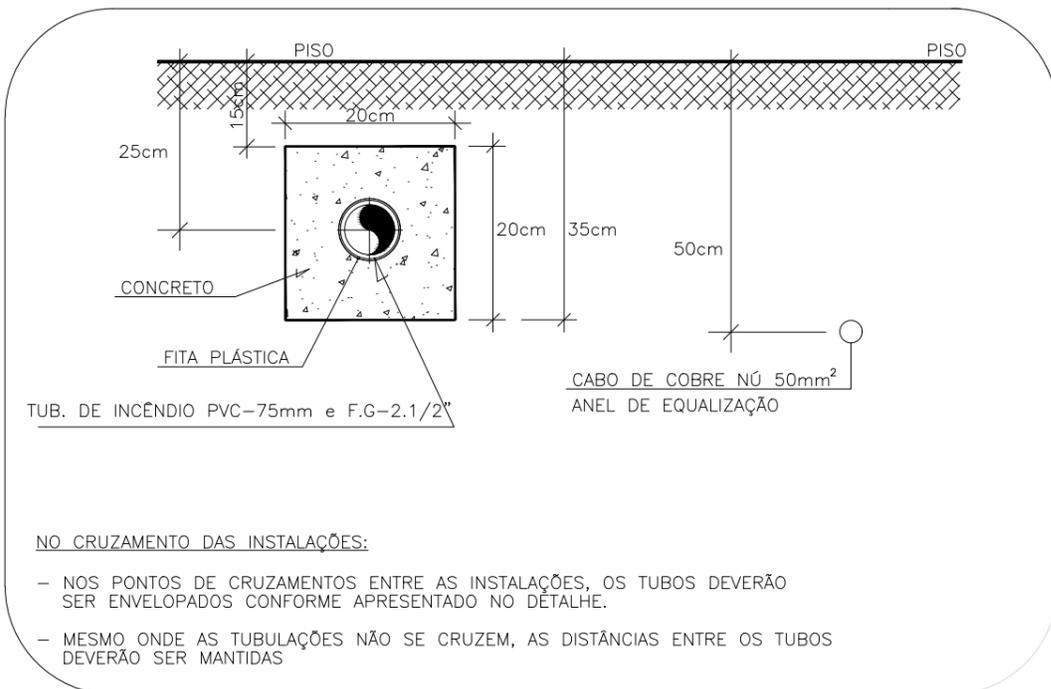
Extintor de Incêndio Hidrante Interno



Sinalização de Piso p/ Hidrantes e Extintores
Detalhes de Sinalização de Equipamentos
COTAS EM CM.



Detalhe Extintor
COTAS EM CMS.



NO CRUZAMENTO DAS INSTALAÇÕES:
 - NOS PONTOS DE CRUZAMENTOS ENTRE AS INSTALAÇÕES, OS TUBOS DEVERÃO SER ENVELOPADOS CONFORME APRESENTADO NO DÊTALHE.
 - MESMO ONDE AS TUBULAÇÕES NÃO SE CRUZEM, AS DISTÂNCIAS ENTRE OS TUBOS DEVERÃO SER MANTIDAS

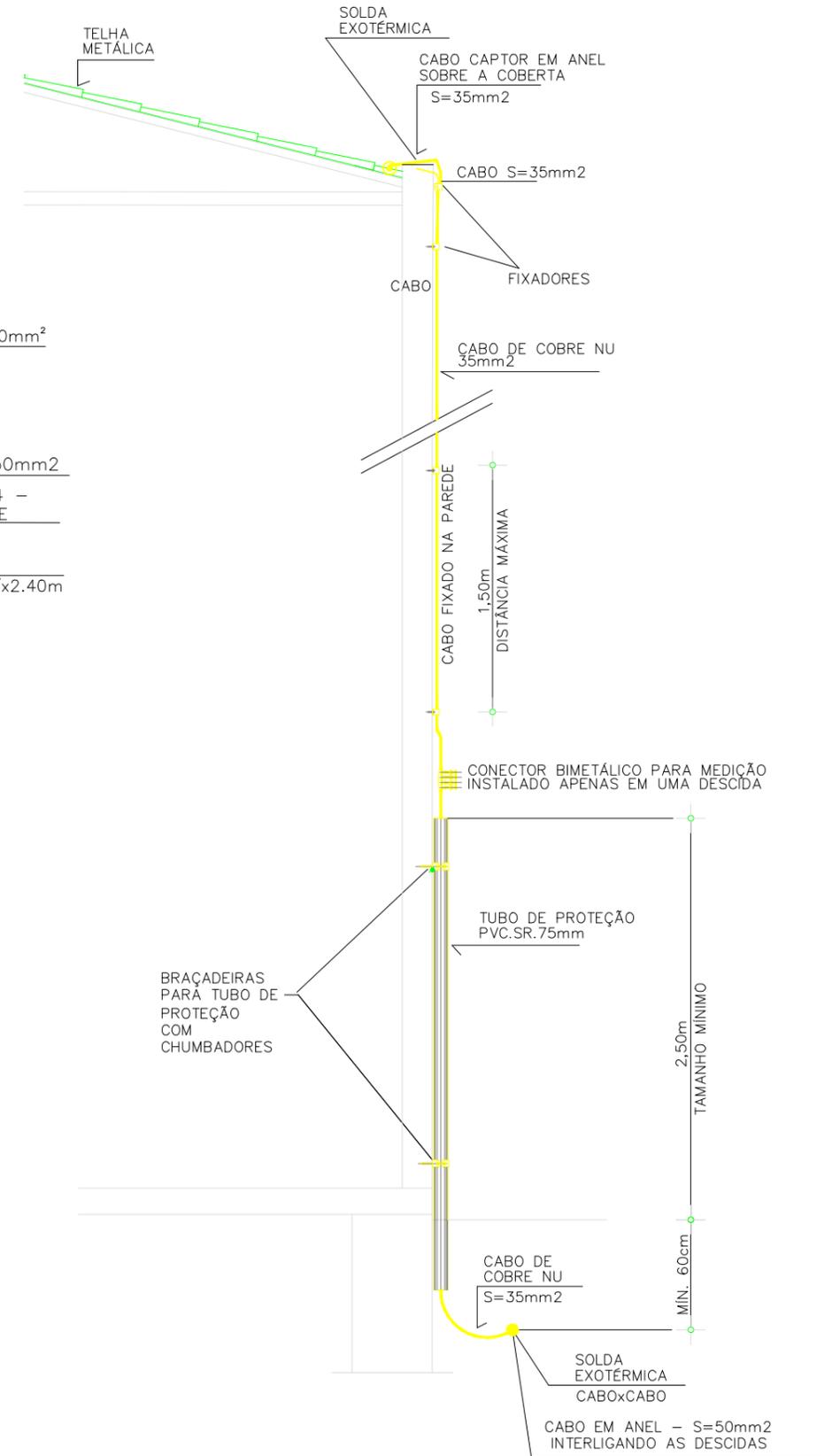
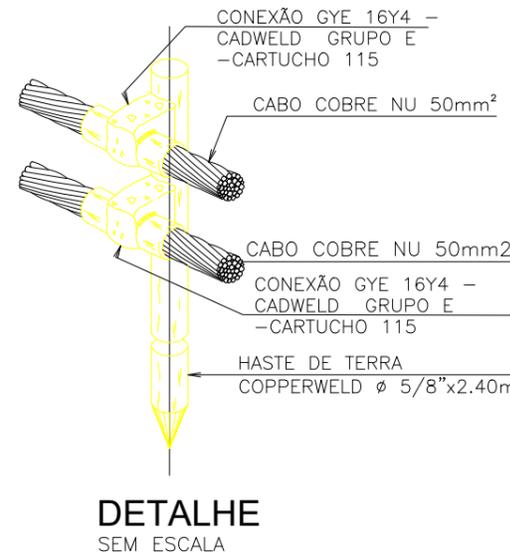
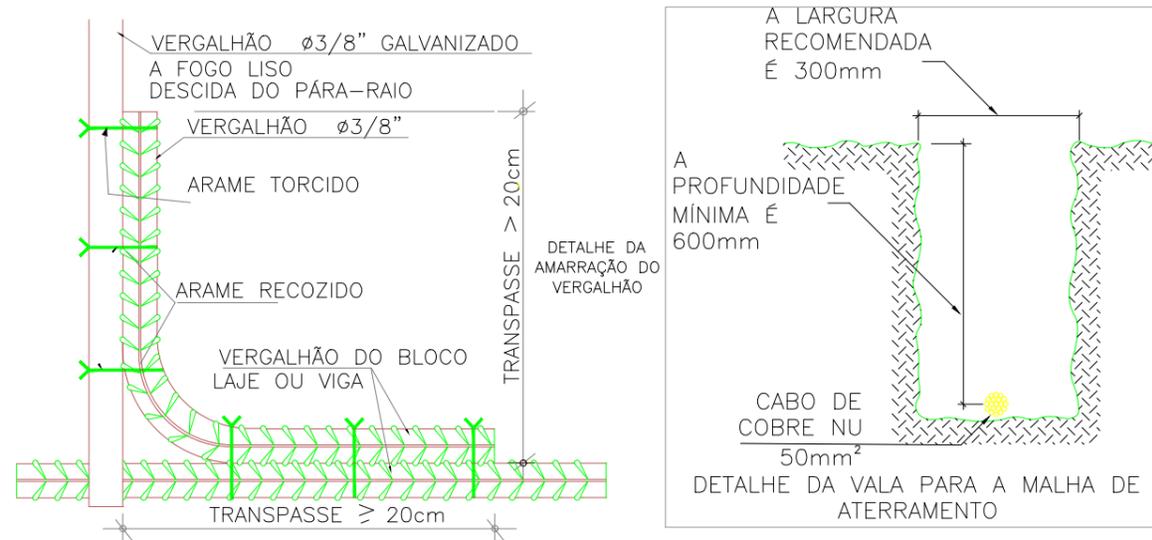
DETALHE DOS PONTOS DE CRUZAMENTO ENTRE AS TUBULAÇÃO DE INCÊNDIO E SPDA

SEM ESCALA

SINALIZAÇÃO DE ORIENTAÇÃO E SALVAMENTO

TIPO	SÍMBOLO	SIGNIFICADO	FORMA E COR	APLICAÇÃO
S1		SAÍDA DE EMERGÊNCIA	SÍMBOLO: RETANGULAR FUNDO: VERDE PICTOGRAMA FOTOLUMINESCENTE	INDICAÇÃO DO SENTIDO (ESQUERDA OU DIREITA) DE UMA SAÍDA DE EMERGÊNCIA, ESPECIALMENTE PARA SER FIXADO EM COLUNAS DIMENSÕES MÍNIMAS: L = 1,5 H
S2				INDICAÇÃO DO SENTIDO (ESQUERDA OU DIREITA) DE UMA SAÍDA DE EMERGÊNCIA DIMENSÕES MÍNIMAS: L = 2,0 H
S9		ESCALADA DE EMERGÊNCIA		INDICAÇÃO DO SENTIDO DE FUGA NO INTERIOR DAS ESCADAS INDICAÇÃO DO SENTIDO ESQUERDA OU DIREITA, DESCENDO OU SUBINDO
S12		SAÍDA DE EMERGÊNCIA	PLACA COM SIMBOLOGIA RETANGULAR, FUNDO VERDE COM MENSAGEM "SAÍDA" E OU SETA DIRECIONAL FOTOLUMINESCENTE, COM ALTURA DE LETRA SEMPRE ≥ 50 MM	INDICAÇÃO DE SAÍDA DE EMERGÊNCIA, UTILIZADA COMO COMPLEMENTAÇÃO DO PICTOGRAMA FOTOLUMINESCENTE (SETA OU IMAGEM, OU AMBOS)
E5		EXTINTOR DE INCÊNDIO	SÍMBOLO: RETANGULAR FUNDO: VERMELHA PICTOGRAMA FOTOLUMINESCENTE	INDICA A LOCALIZAÇÃO DOS EXTINTORES DE INCÊNDIO
E3		COMANDO DA BOMBA DE INCÊNDIO		INDICA O PONTO DE ACIONAMENTO DAS BOMBAS DE INCÊNDIO
E7		ABRIGO DE MANGUEIRA E HIDRANTE	SÍMBOLO: QUADRADO FUNDO: VERMELHA PICTOGRAMA FOTOLUMINESCENTE	INDICAÇÃO DO ABRIGO DA MANGUEIRA DE INCÊNDIO
E1		ALARME SONORO		INDICAÇÃO DO LOCAL DE ACIONAMENTO DO ALARME DE INCÊNDIO

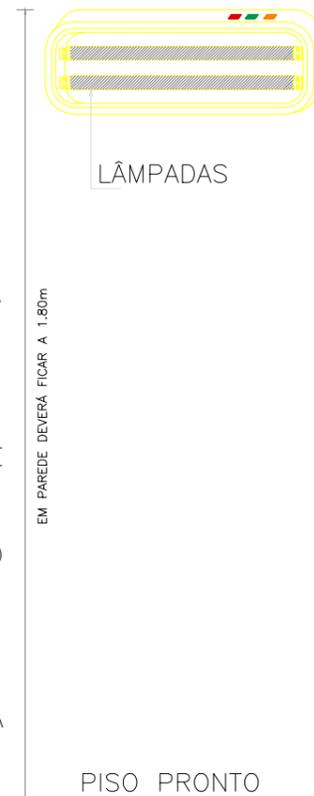
APÊNDICE G - DETALHES DO SUBSISTEMA DE DESCIDA DO SPDA, ATERRAMENTO E ILUMINAÇÃO DE EMERGÊNCIA



LUMINÁRIAS DE EMERGÊNCIA

- 1 - OS APARELHOS DEVEM SER CONSTITUIDOS DE FORMA QUE QUALQUER DE SUAS PARTES A UMA TEMPERATURA DE 70° C, SUPORTEM NO MÍNIMO 1 HORA.
- 2 - OS PONTOS DE LUZ NÃO DEVEM CAUSAR OFUSCAMENTO, SEJA DIRETAMENTE OU POR ILUMINAÇÃO REFLETIDA.
- 3 - QUANDO UTILIZAR ANTEPAROS OU ILUMINÁRIA FECHADA, OS APARELHOS DEVEM SER PROJETADOS DE MODO A NÃO REter FUMAÇA PARA NÃO PREJUDICAR SEU RENDIMENTO ILUMINOSO.
- 4 - O MATERIAL UTILIZADO PARA A FABRICAÇÃO DAS LUMINÁRIAS DEVE SER DO TIPO QUE IMPEÇA PROPAGAÇÃO DE CHAMAS.
- 5 - O SISTEMA DE ILUMINAÇÃO DE EMERGÊNCIA DEVE TER AUTONOMIA MÍNIMA DE 4h DE FUNCIONAMENTO, GARANTINDO DURANTE ESTE PERÍODO A INTENSIDADE DOS PONTOS DE LUZ DE MANEIRA A RESPEITAR OS NÍVEIS MÍNIMOS DE ILUMINAÇÃO DESEJADOS.
- 6 - A ILUMINAÇÃO DE EMERGENCIA DEVE GARANTIR UM NÍVEL MÍNIMO DE ILUMINAMENTO A NÍVEL DO PISO.
- 7 - A ILUMINAÇÃO DEVE PERMITIR O RECONHECIMENTO DE OBSTÁCULOS QUE POSSAM DIFICULTAR A CIRCULAÇÃO, TAIS COMO: GRADES, PORTAS, SAÍDAS, MUDANÇAS DE DIREÇÃO, ETC.
- 8 - OS ELETRODUTOS UTILIZADOS PARA CONDUTORES DE EMERGÊNCIA NÃO PODEM SER UTILIZADOS PARA OUTROS FINS.

DETALHE DA ILUMINAÇÃO DE EMERGÊNCIA SEM ESCALA



DETALHE CONEXÃO DA TELHA METÁLICA COM AS DESCIDAS SEM ESCALA