

UNIEVANGÉLICA

CURSO DE ENGENHARIA CIVIL

IGOR RODRIGUES COSTA

JOSÉ HÉLIO DE OLIVEIRA ALBERNAZ JÚNIOR

**DIMENSIONAMENTO DE SISTEMAS HIDRÁULICOS DE
COMBATE AO INCÊNDIO**

ANÁPOLIS / GO

2019

IGOR RODRIGUES COSTA
JOSÉ HÉLIO DE OLIVEIRA ALBERNAZ JÚNIOR

**DIMENSIONAMENTO DE SISTEMAS HIDRÁULICOS DE
COMBATE AO INCÊNDIO**

**TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO SUBMETIDO AO
CURSO DE ENGENHARIA CIVIL DA UNIEVANGÉLICA**

**ORIENTADOR: AGNALDO ANTONIO MOREIRA TEODORO
DA SILVA**

ANÁPOLIS / GO: 2019

FICHA CATALOGRÁFICA

COSTA, IGOR RODRIGUES/ ALBERNAZ JÚNIOR, JOSÉ HÉLIO DE OLIVEIRA

Dimensionamento de sistemas de combate ao incêndio.

120P, 297 mm (ENC/UNI, Bacharel, Engenharia Civil, 2019).

TCC - UniEvangélica

Curso de Engenharia Civil.

| | |
|-------------|--------------------|
| 1. Incêndio | 2. Fogo |
| 3. Sistemas | 4. Dimensionamento |
| I. ENC/UNI | II. Título (Série) |

REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

COSTA, Igor Rodrigues; ALBERNAZ JÚNIOR, José Hélio de Oliveira. Dimensionamento de sistemas de combate ao incêndio. TCC, Curso de Engenharia Civil, UniEvangélica, Anápolis, GO, 120p. 2019.

CESSÃO DE DIREITOS

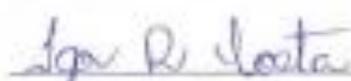
NOME DO AUTOR: Igor Rodrigues Costa

José Hélio de Oliveira Albernaz Júnior

TÍTULO DA DISSERTAÇÃO DE TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO:
Dimensionamento de sistemas de combate ao incêndio.

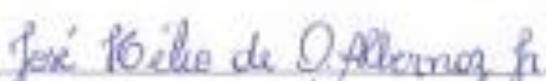
GRAU: Bacharel em Engenharia Civil ANO: 2019

É concedida à UniEvangélica a permissão para reproduzir cópias deste TCC e para emprestar ou vender tais cópias somente para propósitos acadêmicos e científicos. O autor reserva outros direitos de publicação e nenhuma parte deste TCC pode ser reproduzida sem a autorização por escrito do autor.



Igor Rodrigues Costa

E-mail: costa.igor@hotmail.com



José Hélio de Oliveira Albernaz Júnior

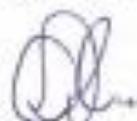
E-mail: jr_albernaz@hotmail.com

IGOR RODRIGUES COSTA
JOSÉ HÉLIO DE OLIVEIRA ALBERNAZ JÚNIOR

**DIMENSIONAMENTO DE SISTEMAS HIDRÁULICOS DE
COMBATE AO INCÊNDIO**

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO SUBMETIDO AO CURSO DE
ENGENHARIA CIVIL DA UNIEVANGÉLICA COMO PARTE DOS REQUISITOS
NECESSÁRIOS PARA A OBTENÇÃO DO GRAU DE BACHAREL.

APROVADO POR:



AGNALDO ANTONIO MOREIRA TEODORO DA SILVA, Mestre (UniEvangélica)
(ORIENTADOR)



ROGERIO SANTOS CARDOSO, Mestre (UniEvangélica)
(EXAMINADOR INTERNO)



MARCOS FRANCISCO NOVAES VALENTINO, Mestre (UniEvangélica)
(EXAMINADOR INTERNO)

DATA: ANÁPOLIS/GO, 04 de DEZEMBRO de 2019.

AGRADECIMENTOS

Agradeço, primeiramente à Deus, pois sem ele, esse sonho não seria possível. Agradeço por ele ter me dado saúde, energia, e benefícios para concluir todo esse trabalho.

Agradeço aos meus pais William e Andreia que foram meu alicerce durante todos esses anos me incentivando e não me deixando desistir, além de terem me dado todo o apoio necessário para que fosse possível a conclusão desse curso.

A esta universidade, seu corpo docente, direção e administração que oportunizaram a janela que hoje vislumbro um horizonte superior, eivado pela acendrada confiança no mérito e ética aqui presentes.

Ao meu orientador Agnaldo, pelo suporte no pouco tempo que lhe coube, pelas suas correções e incentivos.

As minhas irmãs, que me apoiaram indiretamente contribuindo para que esse trabalho se realizasse.

Enfim agradeço a todos que de alguma forma fizeram parte dessa etapa decisiva em minha vida!
Obrigado a todos!

Igor Rodrigues Costa

AGRADECIMENTOS

Primeiramente agradeço a Deus pelo dom da minha vida e por me amparar nos momentos difíceis de minha trajetória acadêmica e pessoal, além de me conceder saúde para alcançar meus objetivos.

À minha família, que é a minha base emocional e sempre me apoiou incondicionalmente, por serem meus exemplos, acreditando no meu potencial e me dando suporte necessário, desde minha infância, para que meus sonhos fossem realizados. Essa conquista é nossa.

Ao meu professor e orientador, Me. Agnaldo Antonio Moreira Teodoro Da Silva, pelo tempo e paciência, além de todo o conhecimento técnico passado durante minha formação acadêmica.

Aos meus amigos, por tornarem meus dias mais divertidos e compartilharem momentos especiais ao meu lado, me dando forças e apoio sempre que precisava.

A todos aqueles que, das mais variadas formas e ocasiões, colaboraram para a realização e sucesso deste trabalho.

José Hélio de Oliveira Albernaz Júnior

RESUMO

A proteção da vida e dos bens é uma preocupação crescente na sociedade, pois a segurança é um fator primordial para uma melhor qualidade de vida de todos. Nesse sentido, há uma preocupação em priorizar e salvaguardar o direito à vida, garantia fundamental prevista no artigo 5º, caput da Constituição Federal Brasileira (BRASIL, 1988). Pensando nisso, e lavando-se em consideração que nos últimos anos tragédias são vistas diariamente em virtude de acidentes ocorridos em edificações, evidenciados muitas vezes, devido à falta de preparo dos engenheiros na criação dos projetos, o Trabalho de Conclusão de Curso em questão teve como objetivo oferecer um material que sirva como embasamento para pesquisa e estudos sobre o tema. Para isso, foi proposto através do estudo a roteirização e dimensionamento de sistemas de hidrantes e mangotinhos e chuveiros automáticos para combate a incêndio respeitando as legislações vigentes. O objetivo foi alcançado através do levantamento inicial do material teórico necessário acerca do tema, através de pesquisa bibliográfica e legislações específicas, e posteriormente a aplicação de um estudo de caso onde foi dimensionado e projetado uma edificação para cada sistema de proteção de combate a incêndio citado acima.

PALAVRAS-CHAVE:

Combate a Incêndio; Hidrantes e Mangotinhos; Chuveiros automáticos.

ABSTRACT

The protection of life and property is a growing concern in society, as safety is a prime factor for a better quality of life for all. In this sense, there is a concern to prioritize and safeguard the right to life, a fundamental guarantee provided for in article 5, caput of the Brazilian Federal Constitution (BRASIL, 1988). Considering this, and bearing in mind that in recent years tragedies are seen daily due to accidents occurred in buildings, evidenced many times, due to the lack of preparation of engineers in the creation of projects, the Course Conclusion Work in question had The objective is to offer material that will serve as a basis for research and studies on the subject. For this, it was proposed through the study the routing and sizing of fire hydrant and manhole systems and automatic showers for fire fighting respecting the current legislation. The objective was achieved through the initial survey of the necessary theoretical material on the subject, through bibliographic research and specific legislation, and then the application of a case study where a building was designed and designed for each fire protection system mentioned. above.

KEY WORDS:

Fire fighting; Hydrants and Mangotinhos; Automatic showers.

LISTA DE FIGURAS

| | |
|--|-----|
| Figura 1- Triângulo do Fogo | 18 |
| Figura 2 - Tetraedro do Fogo..... | 18 |
| Figura 3 - Mecanismo de extinção do fogo..... | 20 |
| Figura 4 - Curva temperatura tempo de um incêndio | 22 |
| Figura 5 - Isolamento por distância de afastamento | 35 |
| Figura 6 - Isolamento obtido por parede corta-fogo | 36 |
| Figura 7 - Detalhes de parede de compartimentação | 37 |
| Figura 8 - Evolução da propagação nos materiais | 39 |
| Figura 9 - Luz de aclaramento..... | 40 |
| Figura 10 - Dimensões mínimas da entrada de veículos de emergência | 41 |
| Figura 11 - Detector de incêndio | 42 |
| Figura 12 - Acionador manual..... | 43 |
| Figura 13 - Central de alarme | 43 |
| Figura 14 - Detalhe de sirene..... | 44 |
| Figura 15 - Sinalização de emergência | 44 |
| Figura 16 - Sinalização de extintores..... | 45 |
| Figura 17 - Detalhe de instalação de extintores em áreas sujeitas à obstrução | 46 |
| Figura 18 - Detalhe do Hidrante | 51 |
| Figura 19 - Sistema de magotinhos..... | 52 |
| Figura 20 - Elementos e componentes do sistema de hidrantes | 53 |
| Figura 21 - Chuveiros automáticos..... | 55 |
| Figura 22 - Elementos do sistema de chuveiros automáticos..... | 55 |
| Figura 23 - Central aterrada com recipientes instalados sob talude | 56 |
| Figura 24 - Recipiente enterrado | 56 |
| Figura 25 – Corte esquemático: sistema de hidrante abastecido por reservatório superior..... | 65 |
| Figura 26 - Corte esquemático: prédio residencial 06 andares..... | 94 |
| Figura 27 - Distribuição dos chuveiros automáticos..... | 105 |
| Figura 28 - Corte AA..... | 116 |
| Figura 29 – Planta baixa do apartamento térreo..... | 117 |
| Figura 30 – Planta baixa do apartamento tipo..... | 118 |
| Figura 31 – Planta baixa do apartamento tipo..... | 119 |

LISTA DE QUADROS

| | |
|---|-----|
| Quadro 1 - Comparação entre sistemas de classificação de carga de incêndio | 233 |
| Quadro 2 - Sistema global da segurança contra incêndio | 288 |
| Quadro 3 - Classificação das edificações quanto à sua ocupação | 112 |
| Quadro 4 - Classificação das edificações quanto às suas características construtivas | 322 |
| Quadro 5 - Seleção do agente extintor segundo a classificação do fogo | 477 |
| Quadro 6 - Classificação dos extintores segundo o agente extintor, o princípio de extinção e o sistema de expulsão..... | 48 |
| Quadro 7 - Componentes para cada hidrante simples ou mangotinho..... | 53 |
| Quadro 8 - Aplicabilidade dos tipos de sistemas e volume de reserva de incêndio mínima (m ³) | 64 |
| Quadro 9 - Tipos de sistemas de proteção por hidrante ou mangotinho..... | 65 |
| Quadro 10 - Os componentes para cada hidrante ou mangotinho..... | 66 |
| Quadro 11 – Classificação de ocupações..... | 76 |
| Quadro 12 – Memorial de Calculo..... | 101 |

LISTA DE TABELAS

| | |
|---|-----|
| Tabela 1 - Classificação das edificações quanto à altura | 311 |
| Tabela 2 - Classificação das edificações quanto às suas dimensões em planta..... | 322 |
| Tabela 3 - Classificação das edificações quanto à carga do incêndio..... | 333 |
| Tabela 4 - Dados para o dimensionamento das saídas | 333 |
| Tabela 5 - Distância máxima a percorrer pelo operador (extintor portátil) | 47 |
| Tabela 6 - Distância máxima a percorrer pelo operador (extintor sobre rodas)..... | 47 |
| Tabela 7 - Classificação dos extintores segundo o agente extintor, a carga nominal e a capacidade extintora equivalente | 49 |
| Tabela 8 - Quantidade de extintores conforme classe de ocupação | 49 |
| Tabela 9 - Capacidade e quantidade de extintores..... | 50 |
| Tabela 10 - Tipos de sistemas de proteção por hidrante ou mangotinho | 52 |
| Tabela 11 - Fator C de Hazem Willians..... | 69 |
| Tabela 12 - Área máxima de cobertura para cada tipo de chuveiro automático..... | 79 |
| Tabela 13 - Área máxima de cobertura de chuveiros automáticos pendentes ou em pé..... | 79 |
| Tabela 14 - Área máxima de cobertura de chuveiros automáticos laterais..... | 80 |
| Tabela 15 - Espaçamento máximo entre chuveiros automáticos pendente ou em pé..... | 80 |
| Tabela 16- espaçamentos mínimos para chuveiros automáticos pendentes ou em pé..... | 81 |
| Tabela 17 – Espaçamento máximo entre chuveiros automáticos laterais..... | 82 |
| Tabela 18 - Número máximo de chuveiros automáticos que cada diâmetro nominal da canalização pode atender..... | 83 |
| Tabela 19 - Número máximo de chuveiros automáticos que cada diâmetro nominal da canalização pode atender..... | 84 |
| Tabela 20 - Número máximo de chuveiros automáticos que cada diâmetro nominal da canalização pode atender: menor ou igual a 3,70m..... | 85 |
| Tabela 21 - Número máximo de chuveiros automáticos que cada diâmetro nominal da canalização pode atender: maior que 3,70m..... | 86 |
| Tabela 22 - Número máximo de chuveiros automáticos que cada diâmetro nominal da canalização pode atender..... | 86 |
| Tabela 23 - Número máximo de chuveiros automáticos que cada diâmetro nominal da canalização pode atender..... | 87 |
| Tabela 24 – Volumes mínimos de reserva técnica de incêndio para sistemas de chuveiros automáticos – NFPA 13..... | 87 |

| | |
|---|-----|
| Tabela 25 – Volumes mínimos de reserva técnica de incêndio para sistemas de chuveiros automáticos – NBR 10.897..... | 88 |
| Tabela 26 - Aplicabilidade dos tipos de sistemas e volume de reserva de incêndio mínima (m3)..... | 91 |
| Tabela 27 - Número máximo de chuveiros automáticos o nominal da canalização pode atender: maior que 3,70m..... | 104 |
| Tabela 28 - Volume mínimos de reserva técnica de incêndio..... | 104 |

LISTA DE ABREVIATURA E SIGLA

| | |
|---------|---|
| ABNT | - Associação Brasileira de Normas Técnicas |
| CBMGO | - Corpo de Bombeiros Militar do estado de Goiás |
| CERCON | - Certificado de Conformidade |
| CO2 | - Gás Carbônico |
| GLP | - Gás Liquefeito de Petróleo |
| GMG | - Grupo motogerador |
| INMETRO | - Instituto Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial |
| NBR | - Norma Brasileira |
| NFPA | - <i>National Fire Protection Association</i> |
| NR | - Norma Regulamentadora |
| NT | - Norma Técnica |
| PSCIP | - Processo de Segurança Contra Incêndio e Pânico |
| SPDA | - Sistema de Proteção contra Descargas Atmosféricas |

SUMÁRIO

| | | |
|----------|--|-----------|
| 1 | INTRODUÇÃO | 14 |
| 2 | REVISÃO BIBLIOGRÁFICA | 17 |
| 2.1 | FOGO | 17 |
| 2.1.1 | Incêndio | 21 |
| 2.1.2 | Agentes Extintores | 23 |
| 2.2 | NORMAS DE INCÊNDIO | 24 |
| 2.3 | IMPORTÂNCIA DOS SISTEMAS DE PREVENÇÃO AO INCÊNDIO | 26 |
| 2.4 | SISTEMA PREDIAL DE INCÊNDIO | 27 |
| 2.4.1 | Classificação das edificações | 31 |
| 2.4.2 | Cálculo da População | 33 |
| 2.5 | DETALHAMENTO DAS PRINCIPAIS MEDIDAS PREVENTIVAS DE PROTEÇÃO CONTRA INCÊNDIO E PÂNICO | 35 |
| 2.5.1 | Isolamento de riscos | 35 |
| 2.5.2 | Compartimentação vertical e horizontal | 36 |
| 2.5.3 | Resistência das estruturas ao fogo | 38 |
| 2.5.4 | Resistência dos materiais ao fogo | 38 |
| 2.5.5 | Saídas de emergência | 39 |
| 2.5.6 | Sistema de iluminação de emergência | 40 |
| 2.5.7 | Acesso a viaturas de emergência | 41 |
| 2.5.8 | Sistema de detecção e alarme de incêndio | 41 |
| 2.5.9 | Sinalização de emergência | 44 |
| 2.5.10 | Sistema de proteção por extintores de incêndio | 46 |
| 2.5.11 | Sistema de hidrantes e mangotinhos | 51 |
| 2.5.12 | Sistema de chuveiros automáticos | 54 |
| 2.5.13 | Sistema de proteção contra descargas atmosféricas (SPDA) | 55 |
| 2.5.14 | Central de Gás | 56 |
| 2.5.15 | Brigada de incêndio | 57 |
| 2.5.16 | Planta de risco | 57 |
| 2.6 | PROBLEMAS E ACIDENTES | 58 |
| 3 | estudo de caso | 60 |
| 3.1 | LEGISLAÇÃO | 60 |
| 3.2 | projeto | 61 |

| | | |
|----------|--|------------|
| 3.3 | ROTEIRO DE DIMENSIONAMENTO | 62 |
| 3.3.1 | Dimensionamento de sistemas de hidrantes e de mangotinhos para combate a incêndio abastecido por reservatório superior. | 62 |
| 3.4 | Dimensionamento de sistema de chuveiros automáticos | 76 |
| 4 | DIMENSIONAMENTO DO PROJETO | 90 |
| 4.1 | DIMENSIONAMENTO Do HIDRANTE PARA COMBATE A INCÊNDIO ABASTECIDO POR RESERVATÓRIO SUPERIOR..... | 90 |
| 4.2 | DIMENSIONAMENTO de chuveiro automático por tabela. | 101 |
| 4.3 | RESULTADOS E DISCUSSÕES..... | 106 |
| | CONSIDERAÇÕES FINAIS..... | 107 |
| | REFERÊNCIAS..... | 109 |

1 INTRODUÇÃO

A descoberta e o controle do fogo foram uma das maiores conquistas do ser humano na pré-história, pois houve uma grande mudança no aspecto cultural da evolução dos homens, proporcionando um progresso da civilização. Além de gerar calor e luz, a chama permitiu a proteção de predadores, a sobrevivência em climas mais frios, a produção do carvão, dentre várias outras comodidades para sua melhor adaptação à vida selvagem (GOMES, 2014).

É notório que o controle do fogo trouxe inúmeros benefícios para a sociedade, entretanto, de forma descontrolada, torna-se extremamente devastador. No decorrer dos anos, o mundo presenciou vários episódios de pânico, como os incêndios nas cidades de Roma (64 d.C.), Londres (1666), Chicago (1871) e Daca (2010 e 2019) (LENTZ CARVALHO, 2017). E, recentemente, mais uma vez a história foi consumida em chamas em um dos monumentos mais importantes do mundo, a Catedral de Notre Dame em Paris em 2019.

No Brasil, destaca-se os incêndios no Gran Circus Norte-Americano em Niterói (RJ) em 1961, com o maior número de mortes: 250 vítimas; em São Paulo, nos edifícios Andraus (1972) e Joelma (1974), enfatizando o fato de duas tragédias em prédios elevados em um curto período de tempo; em Santa Maria em 2013, na Boate Kiss, que resultou em 242 vítimas, sugerindo uma significativa carência de cultura de segurança, seja por negligência dos proprietários ou descaso dos órgãos públicos. Assim, foram tragédias como estas, com perda humana e material, que fizeram com que surgissem leis e houvesse mobilizações para o aprimoramento das legislações para prevenção e combate aos incêndios.

Com a globalização e o desenvolvimento das cidades, houve uma acentuada transformação em nosso país, assim, para Brentano:

As edificações começaram a ter alturas mais elevadas, excesso de vidros nas fachadas, sem soluções arquitetônicas para evitar a propagação do fogo, estruturas de concreto armado não resistentes ao fogo, substituição de paredes internas de maior resistência ao fogo por divisórias leves, uso de materiais altamente combustíveis nos revestimentos internos, etc., além disto, a total ignorância da população em geral no tocante ao perigo de incêndio, resultaram nessa série de catástrofes, por coincidência, numa mesma época. Foi o despertar para o problema no Brasil (BRENTANO, 2007).

Dessa forma, no estado de Goiás, a Assembleia Legislativa do Estado de Goiás, nos termos do art. 10 da Constituição Estadual, decretou e sancionou o Código Estadual de Segurança Contra Incêndio e Pânico (Lei Estadual n. 15.802, de 11 de setembro de 2016), que, juntamente às Normas Técnicas do Corpo de Bombeiros Militar de Goiás (CBMGO),

estabelecem as medidas de segurança contra incêndio e pânico nas edificações e áreas de risco, critérios e procedimentos para apresentação de Processo de Segurança Contra Incêndio e Pânico (PSCIP) no CBMGO. O PSCIP é o conjunto de documentações e procedimentos administrativos que contém os elementos formais das medidas de segurança contra incêndio e pânico de uma edificação ou área de risco que dever ser apresentado ao CBMGO para avaliação por meio de declarações, inspeção e análise de projeto visando à emissão do Certificado de Conformidade (CERCON) do Corpo de Bombeiros (GOIÁS, 2019).

É importante salientar que atualmente não existe uma fundamentação unificada no país, cada cidade ou estado elabora suas normas, conforme as construções locais, para uma melhor abrangência de segurança contra o fogo. Além disso há uma defasagem de bibliografias sobre o assunto e explicações superficiais, concluindo, assim, que existe também uma ausência de cultura de segurança.

Pensando nisso, o Trabalho de Conclusão de Curso em questão apresenta os conceitos fundamentais que aplicados conforme as legislações, resultarão em um correto dimensionamento de sistemas para a execução do projeto de prevenção contra incêndio.

Logo o estudo teve como objetivo realizar projetos de incêndio segundo as normas vigentes e demonstrar todo processo de dimensionamento e os elementos necessários para execução e conseqüentemente, fazer o levantamento das normas vigentes relacionadas a incêndio, realizar a classificação da edificação segundo as normas vigentes para posteriormente elaborar um projeto de instalações de incêndio de um edifício comercial através dos passos elaborados necessários para confecção de projeto.

O Capítulo 02 do trabalho em questão apresenta uma revisão bibliográfica do tema levantando os principais conceitos de prevenção contra incêndio baseado em pesquisa bibliográfica e legislações aplicadas à segurança contra incêndio e do estado de Goiás.

O capítulo 03 apresenta a metodologia aplicada ao estudo, demonstrando os métodos utilizados para levantamento de material assim como estudo de caso.

Enquanto isso, o Capítulo 04 apresenta o roteiro de dimensionamento dos sistemas de hidrantes e de mangotinhos para combate a incêndio abastecido por reservatório superior e dimensionamento de sistema de chuveiros automáticos dimensionado por tabela.

Por fim, no Capítulo 05 são apresentados os cálculos do dimensionamento dos projetos de sistema de hidrante e mangotinho e chuveiro automático para combate a incêndio e os

resultados e discussões do estudo. Além disso, será apresentado também em Anexo B e C os projetos elaborados a partir do dimensionamento.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 FOGO

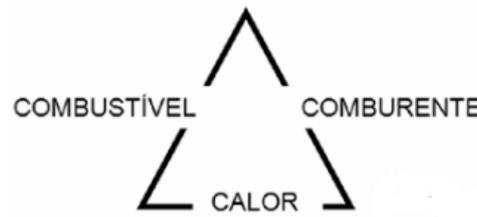
Todas as construções estão sujeitas a uma fatalidade por conta de acidentes que os incêndios podem acarretar, assim é de extrema importância ressaltarmos algumas medidas cautelares de forma que venham prevenir as grandes catástrofes que podem ser causadas pelo fogo. Sabemos que as chamas tem o poder de causar enormes prejuízos materiais e até mesmo danos irreparáveis relacionados a vidas humanas e demais seres vivos presente em nosso habitat, bem como ferimentos, traumas psicológicos, prejuízos financeiros investidos durante anos, assim como todo o tipo de sequelas irreversíveis em pessoas que por ventura forem atingidas por ele.

Com a evolução e a modernidade as construções dos dias atuais estão cada vez maiores e mais próximas umas das outras, portanto é essencial que as construções estejam seguindo um padrão estabelecido pelas normas de segurança, de acordo com a Lei nº 15.802, de 11 de setembro de 2006 e Normas Técnicas (NT) do CBMGO, para o estado de Goiás.

A NBR 13860 (ABNT, 1997) – Glossário de termos relacionados com a segurança contra incêndio - estabelece o fogo como o processo de combustão caracterizado pela emissão de calor e luz. Para Brentano (2007), “o fogo é uma reação química denominada combustão, que é uma oxidação rápida entre o material combustível, sólido, líquido ou gasoso, e o oxigênio do ar, provocada por uma fonte de calor, que gera luz e calor”.

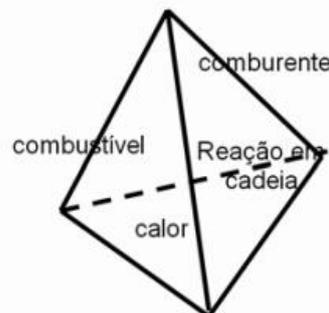
De acordo com Ferigolo (1977) “para fazermos uma prevenção de incêndio adequada é necessário primeiro colocarmos o fogo sob todos os seus aspectos: sua constituição, suas causas, seus efeitos e, principalmente, como dominá-lo”, pois assim é possível trabalhar e investir exatamente nos pontos principais quando o assunto é prevenção do mesmo.

Para que haja a propagação do fogo após a sua ocorrência, deve haver a transferência de calor de molécula para molécula do material combustível, ainda intactas, que entram em combustão sucessivamente, gerando, então, a reação química em cadeia (BRENTANO, 2007). Assim, inicialmente acreditava-se que para existir a combustão seria necessária uma conjunção de três fatores – combustível, comburente e calor – conforme exemplificado na Figura 1, em que devem coexistir ligados para que o fogo se mantenha. Esta teoria tem o nome de Triângulo do Fogo.

Figura 1- Triângulo do Fogo

Fonte: SEITO *et al*, 2008.

Apesar disso, essa teoria é apenas uma representação didática, pois, atualmente, após estudos um quarto elemento foi adicionado como essencial na existência do fogo, sendo que sem esse o mesmo não se mantém: a reação química em cadeia. Portanto, uma definição e representação mais adequada seria a do Tetraedro do Fogo, conforme ilustrado na Figura 2, que a transferência de energia de uma molécula em combustão para outra intacta. Os combustíveis, após entrarem na fase de combustão, geram mais calor. Esse calor vai gerar o desprendimento de mais gases combustíveis que, novamente, combinados com o oxigênio do ar, darão continuidade à reação de combustão. Deste modo, tem-se uma reação em cadeia, com uma transformação gerando outra transformação (UMINSKI, 2003).

Figura 2 - Tetraedro do Fogo

Fonte: SEITO *et al*, 2008.

O comportamento do fogo é bastante dependente do(s) estrato(s) de combustível envolvido(s) na sua propagação (CHANDLER *et al*, 1983). O combustível é o componente que reage com o oxigênio (ou outro comburente) liberando energia, promove o fogo e colabora para sua propagação, podendo apresentar-se em estado sólido, líquido ou gasoso. Assim, cada estado físico permite diferentes procedimentos de ignição e sustentação da combustão, gerando calor, fumaça e chama.

O comburente é o agente químico que interage com o combustível, ativando e conservando a combustão. O oxigênio é o comburente mais comum, que, combinando-se com os gases e vapores do combustível, formam uma mistura inflamável dando origem às chamas. Normalmente, o oxigênio está presente no ar a uma concentração de 21%. Quando esta concentração é inferior a 15%, não haverá combustão (UMINSKI, 2003).

Para Lentz Carvalho (2017, *apud* Halliday 2016), calor é a energia transferida de um sistema para o ambiente ou vice-versa devido a uma diferença de temperatura. O calor representa a componente energética inicial, provocando a reação química da mistura inflamável, concebido através da transformação de outras formas de energia em virtude de processos físicos e químicos. Brentano (2007) afirma que "[...] calor pode ser uma faísca elétrica, uma chama, o superaquecimento de um condutor ou aparelho elétrico, atrito, explosão [...]".

De acordo com a NT 02 (GOIÁS, 2014a) - Conceitos básicos de segurança contra incêndio -, do CBMGO, a possibilidade de um foco de incêndio extinguir ou evoluir para um grande incêndio depende basicamente dos seguintes fatores:

- a) quantidade, volume e espaçamentos dos materiais combustíveis no local;
- b) tamanho e situação das fontes de combustão;
- c) área e localização das janelas;
- d) velocidade e direção do vento; e
- e) forma e dimensão do local.

Segundo Ferigolo (1997) é vital, tanto no estudo de prevenção quanto de extinção do fogo, conhecer como o calor pode ser transmitido. Assim, os fatores acima citados encontram-se associados à transmissão de calor, podendo irromper de três maneiras fundamentais:

1. condução ou contato, a transferência de calor ocorre de corpo para corpo, de molécula para molécula. Acontece através de um material sólido de uma região de temperatura elevada em direção à outra região de baixa temperatura (GOIÁS, 2014a);
2. convecção, a transmissão de calor se faz através de movimentos de massas de gases ou líquidos. Quando parte de um fluido tem sua temperatura elevada, este se expande, tornando-se menos denso. O fluido que o cerca está mais frio, ficando mais pesado, fazendo com que o fluido aquecido suba. Agora o fluido mais frio ocupa o local do mais quente e o processo pode continuar de forma cíclica (HALLIDAY, 2016); e

3. radiação, ocorre por meio de ondas eletromagnéticas, ou caloríficas, chamadas de radiação térmica, que se deslocam através do espaço vazio em todas as direções a partir da fonte de calor. A intensidade da energia depende da localização do corpo em relação à fonte (HALLIDAY, 2016).

A partir do conhecimento dos elementos que são necessários para se obter o fogo, se deduz que, para extingui-lo, basta eliminar um dos três elementos, pelo menos, ou interromper a reação química em cadeia (BRENTANO, 2007). A Figura 3 mostra o mecanismo de extinção do fogo.

Figura 3 - Mecanismo de extinção do fogo



Fonte: GOIÁS, 2014a.

Para Camilo Júnior (2006), existem quatro maneiras de se acabar com algum dos componentes do fogo. A extinção por retirada do material, abafamento, resfriamento ou extinção química:

1. Extinção por retirada do material ou por isolamento: quando remove-se o material combustível, impossibilitando a alimentação do fogo. Por exemplo, fechar o registro do gás, extinguindo o fogo do queimador por falta de combustível. Em incêndios em edificações, a neutralização desse elemento é difícil, senão impossível, afirma Brentano (2007);

2. Extinção por abafamento ou retirada do comburente: consiste em impedir ou diminuir o contato do oxigênio (ou outro comburente) com o material combustível. "No caso de incêndios em edificações, isso é conseguido abafando o fogo com espuma aquosa que é mais leve e insolúvel na água ou isolando o local com o fechamento do ambiente." (BRENTANO, 2007);
3. Extinção por resfriamento ou retirada do calor: o calor do fogo é retirado até que o ponto em que não libere mais vapores ou gases formadores da mistura inflamável. É o processo mais usado; como exemplo, o uso da água; e
4. Extinção química ou quebra da cadeia de reação química: quando interrompe-se as reações em cadeia através de agentes químicos, que, combinando-se às misturas inflamáveis, formam uma nova mistura não inflamável.

2.1.1 Incêndio

A NBR 13860 (ABNT, 1997) conceitua incêndio como fogo fora de controle. Seito *et al* (2008) afirma que a definição de incêndio não leva em consideração a dimensão do fogo, e que no Brasil, os incêndios de menor porte são chamados de princípios de incêndio.

Segundo Pozzobon (2010), quando se estudam as causas de um incêndio, procura-se saber como, porque e onde iniciou o processo de combustão, se sua origem é proveniente da ação direta do homem ou não.

Deslizes e descuidos estão entre as grandes causas dos incêndios. Camilo Júnior (2013) alega que a desorganização e a falta de limpeza em ambientes contribuem para a ocorrência de acidentes.

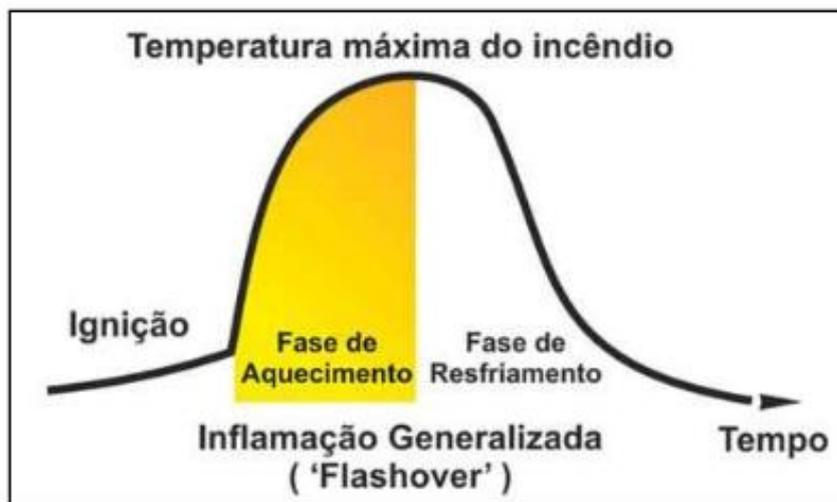
"Para uma prevenção efetiva contra incêndios em edificações deve-se ter o controle sobre três elementos: combustível, fonte de calor e comportamento humano." (BRENTANO, 2007).

Diversos são os fatores que interferem na agressividade e na dimensão de um incêndio. Para Seito *et al* (2008), devido ao infinito número de elementos influenciadores não existem dois incêndios iguais. Dentre os quais podemos citar: forma geométrica e dimensões da sala ou local; superfície específica dos materiais combustíveis envolvidos; distribuição dos materiais combustíveis no local; quantidade de material combustível incorporado ou temporário; características de queima dos materiais envolvidos; local do início do incêndio no

ambiente; condições climáticas (temperatura e umidade relativa); aberturas de ventilação no ambiente; aberturas entre ambientes para a propagação do incêndio; projeto arquitetônico do ambiente e/ou edifício; medidas de prevenção de incêndios existentes; e medidas de proteção contra incêndio instaladas.

Conforme a NT 02 (GOIÁS, 2014a) a evolução do incêndio em um local pode ser representada por um ciclo com três fases características: fase inicial de elevação progressiva da temperatura (ignição); fase de aquecimento; e fase de resfriamento e extinção. A Figura 4 mostra a curva temperatura tempo de um incêndio.

Figura 4 - Curva temperatura tempo de um incêndio



Fonte: GOIÁS, 2014a.

A primeira fase, é o incêndio incipiente, inicia-se como ponto de inflamação inicial e caracteriza-se por grandes variações de temperatura, originando-se a ignição, iniciando, assim, a segunda parte, caracterizada pelas chamas que começam a crescer e aquecer o ambiente. Assim, havendo o envolvimento total do ambiente pelas chamas e pela emissão de gases inflamáveis através de portas e janelas, ocorre um momento denominado de inflamação generalizada - *flashover*. E a terceira fase é caracterizada pela diminuição gradual da temperatura do ambiente e das chamas, o que ocorre por exaurir o material combustível (SEITO *et al*, 2008).

Os incêndios são classificados de acordo com os materiais neles envolvidos, assim como a situação em que se encontram. Estas classes ajudam na escolha do melhor agente extintor, possibilitando combater o fogo de forma mais eficiente e eficaz. Existem diferentes

sistemas de classificação, de acordo com a região territorial, conforme apresentado no Quadro 1. Os Estados Unidos da América, por exemplo, utilizam a classificação a NFPA 10 (*National Fire Protection Association*) – *Fire Prevention Code* -, com cinco classes (NFPA, 2016). A Europa, Ásia e Austrália, seguem seis classes. No Brasil, a NR 23 (BRASIL, 1978) - Proteção Contra Incêndios -, baseia-se na classificação com quatro classes:

- Classe A: são materiais de fácil combustão com a propriedade de queimarem em sua superfície e profundidade, e que deixam resíduos, como: tecido, madeira, papel, fibra, etc. O efeito de resfriamento é essencial para sua extinção;
- Classe B: são considerados inflamáveis os produtos que queimem somente em sua superfície, não deixando resíduos, como óleo, graxas, vernizes, tintas, gasolina, etc. Os efeitos de abafamento e rompimento de cadeia iônica são essenciais para sua extinção;
- Classe C: quando ocorrem em equipamentos elétricos energizados como motores, transformadores, quadros de distribuição, fios, etc. Sua extinção deve ser por meio de agentes extintores não condutores de eletricidade;
- Classe D: elementos pirofóbicos como magnésio, zircônio e titânio.

Quadro 1 - Comparação entre sistemas de classificação de carga de incêndio

| Comparação entre sistemas de classes de incêndio | | | |
|---|-------------------------------|--------------------|----------------------------|
| Brasil NR 23 | Estados Unidos NFPA 10 | Europa EN 3 | Tipo de Combustível |
| Classe A | Classe A | Classe A | Combustíveis ordinários |
| Classe B | Classe B | Classe B | Líquidos Inflamáveis |
| | | Classe C | Gases Inflamáveis |
| Classe C | Classe C | Classe E | Equipamentos Elétricos |
| Classe D | Classe D | Classe D | Pirofóbicos |
| | Classe K | Classe F | Óleo ou Gordura |

Fonte: LENTZ CARVALHO, 2017 (adaptado).

2.1.2 Agentes Extintores

Brentano (2007) ratifica que para extinguir o fogo é necessário eliminar, no mínimo, um dos elementos formadores do fogo. Para isso, na maioria das vezes, deve-se utilizar a água ou certas substâncias químicas, sólidas, líquidas ou gasosas, chamadas de agentes extintores,

que agem pontualmente em um ou mais desses elementos. Assim, há formas específicas de extinguir o fogo e o agente extintor deverá ser o adequado, para combater rápida e eficazmente, pois cada material combustível tem características próprias de combustão. Os agentes extintores prevaletentes são a água, espuma aquosa ou mecânica, gases inertes e pós químicos secos.

A substância mais utilizada como agente extintor de incêndio é a água, uma vez que é a mais disponível, abundante e barata. Além disso é a mais efetiva no combate ao fogo e o agente mais seguro, visto que tem enorme poder de absorção de calor e é atóxico, estável e não corrosivo, tendo a capacidade de agir por resfriamento e abafamento, conforme seu estado físico. Assim, pelo fato de a água ser o principal agente extintor de incêndio, terá um detalhamento maior à frente.

"A espuma aquosa ou mecânica é composta por bolhas de gás, normalmente o ar, formada a partir de uma solução aquosa de um agente concentrado líquido especial de espuma (extrato)." (BRENTANO, 2007). Por essa espuma ser mais leve, ela flutua sobre o líquido combustível, extinguindo o fogo por abafamento e resfriamento.

Os gases mais utilizados tem o dióxido de carbono, nitrogênio ou argônio em suas constituições, entretanto, por ser mais barato e efetivo, o próprio dióxido de carbono (CO₂) é o mais usado, extinguindo o fogo por abafamento, com o decréscimo da concentração de oxigênio presente no ar, contendo a geração de calor na mistura inflamável.

Brentano (2007) aborda pós químicos secos como bases químicas que possuem o bicarbonato de sódio, o bicarbonato de potássio e monofosfato de amônia em sua composição, misturados com aditivos que dão estabilidade ao pó frente à umidade e à aglutinação. O desaparecimento do fogo se dá por abafamento, resfriamento e, principalmente, pelo rompimento da cadeia de reação química, pois provoca a transformação das moléculas de hidrocarbonetos (radicais livres) em hidroxilas inertes, exatamente na zona das chamas.

2.2 NORMAS DE INCÊNDIO

Diante do aterrorizante cenário ocorrido no Brasil e no mundo durante o decorrer da história, causado pelo descontrole do fogo, já citados, como exemplo, o incêndio nos edifícios Andraus (1972) e Joelma (1974) na cidade de São Paulo, houve a necessidade de uma atualização e melhoria das normas já existentes, bem como a criação de novas para suprir a defasada legislação apresentada, primeiramente no estado supracitado. Nesse contexto

começaram a criar Comissões, Decretos, Normas e aperfeiçoamento das legislações já existentes.

Atualmente, as legislações contra incêndio são baseadas pelas normas da ABNT (Associação Brasileira de Normas Técnicas) convergindo em procedimentos para projeto e construção das edificações, apresentados pelo Corpo de Bombeiros de cada estado através de Normas Técnicas atualizadas periodicamente, dentre inúmeras, temos como exemplo para o estado de Goiás:

- NBR 9077 (ABNT, 2001) – Saídas de Emergências em Edifícios –, em conformidade à NT 11 (GOIÁS, 2017) – Saídas de Emergências em Edifícios; e
- NBR 12693 (ABNT, 2013) – Sistemas de proteção por extintores de incêndio –, em consonância à NT 21 (GOIÁS, 2014c) – Sistemas de proteção por extintores de incêndio.

Sobre as legislações no âmbito federal podemos dizer citar a NR 23 (BRASIL, 2011) da portaria 3214/1978 do Ministério do Trabalho e a Constituição da República Federativa do Brasil de 1988, que asseguram o direito à vida e incluem os corpos de bombeiros militares como entidades a serem regulamentadas pela União e subordinadas aos governadores, com o objetivo de contribuir para a garantia de segurança da vida e do patrimônio.

Todos os estados possuem sua legislação específica, em Goiás todos os projetos, construções e fiscalizações devem obedecer a Lei nº 15.802 (11 de setembro de 2006), que institui o código estadual de segurança contra incêndio e pânico e dá outras providências. Estas responsabilidades encontram-se associadas por diferentes órgãos do âmbito estadual, principalmente desempenhada pelo Corpo de bombeiros, que emite Normas Técnicas destinadas a padronizar e definir procedimentos cujo contexto nacional apresenta-se vago (GOIÁS, 2006).

"O Corpo de bombeiros é a organização que estuda, avalia, aprova, fiscaliza equipamentos e instalações de prevenção e proteção contra incêndio em todo território do Estado" (GOIÁS, 2006).

Diante da magnitude do território brasileiro, ainda é possível observar centenas de outras leis, normas e regulamentações criadas com o intuito de promover a prevenção e o combate ao incêndio, porém essas sofrem variações de estado para estado, uma vez que o território nacional brasileiro é vasto e cada região possui suas especificidades.

2.3 IMPORTÂNCIA DOS SISTEMAS DE PREVENÇÃO AO INCÊNDIO

Com o aumento da incidência dos desastres no decorrer dos anos, o homem se viu na obrigação de criar mecanismos que possa ser eficiente e ágil no momento de ocorrência de um incêndio. A prioridade de todo ser humano, seja no trabalho ou em sua residência é a segurança. Todos os anos, um grande número de pessoas morre por conta de incêndios, porém esses podem ser evitados ou extintos com facilidade pelos equipamentos e sistemas de prevenção e combates ao incêndio.

O sistema de prevenção e combate a incêndio é fundamental para que as edificações atendam ao requisito de desempenho quanto à segurança, independentemente da idade de construção. Se há uso, deve haver manutenção e segurança com funcionalidade do sistema na sua operação [...] salienta-se que não basta existir instalado ou previsto o sistema de prevenção e combate a incêndio nas edificações. Ele deve estar em condições para sua operação, quando há o incêndio. A manutenção periódica de seus elementos e a inspeção são atividades imprescindíveis à confiabilidade e ao sucesso da operação (IBAPE, 2013).

Para evitar que o fogo fuja do controle do homem, causando assim grandes desastres e tragédias, o profissional de engenharia desempenha um papel fundamental, projetando edificações mais seguras, sistemas de combate a incêndios mais eficientes e rotas de fuga adequadas para o melhor abandono da edificação.

A razão fundamental para o cumprimento da NR 23 (BRASIL, 2011) é garantir a segurança das pessoas e dos bens patrimoniais em caso de incêndio. É relevante saber que a existência dos sistemas preventivos contra incêndios pode realmente fazer a diferença em caso de sinistros, garantindo uma ação mais rápida e eficaz dos bombeiros e auxiliando no salvamento de vidas. A prevenção é tão importante quanto saber apagar o fogo ou mesmo saber agir corretamente no momento que ocorre um sinistro.

É válido ressaltar que os sistemas de prevenção de incêndio já salvaram milhares de vidas, isso porque o mesmo é essencial para evitar que as chamas alastrem-se. Assim, as autoridades reconheceram a importância do desenvolvimento de ações efetivas não só no que se refere ao combate, mas também relacionado à educação, prevenção e controle de incêndios desordenados, provocando múltiplas áreas a atuarem conjuntamente.

Portanto, a grande importância dos sistemas de prevenção é evitar danos inestimáveis e irreversíveis como: ferimentos graves, mortes, prejuízos ambientais, paralisação das atividades industriais e perda do patrimônio.

2.4 SISTEMA PREDIAL DE INCÊNDIO

Segundo Ferigolo (1977) o incêndio existe onde a prevenção falha. Desta forma, não pode existir falhas quando se trata de prevenção contra incêndios, em vista disso é de suma relevância que toda e qualquer construção disponha de um sistema de segurança contra incêndios confiável, já que é perceptível para toda a humanidade que, uma vez alastrada as chamas, dificilmente será controlada sem que danos irreversíveis ocorram.

Conforme Berto (1991), "um edifício seguro contra incêndio pode ser definido como aquele em que há alta probabilidade de que todos os ocupantes sobrevivam a um incêndio sem sofrer qualquer ferimento [...]".

A NT 02 (GOIÁS, 2014a) relaciona o termo "prevenção de incêndio" expressando tanto a educação pública como as medidas de segurança contra incêndio em uma edificação, visando evitar o surgimento de algum sinistro ou possibilitar sua extinção e reduzir seus efeitos antes da chegada do Corpo de Bombeiros.

Brentano (2007) diz que no projeto de uma edificação a segurança contra incêndios necessita ser analisada sob dois aspectos: a proteção passiva e a proteção ativa. Em consonância ao que diz a NT 02 (GOIÁS, 2014a), as medidas de proteção da edificação ao fogo podem ser classificadas como ativas e passivas. Os níveis aceitáveis de risco e o foco da análise da segurança contra o fogo no processo de elaboração do projeto estão concentrados em três pontos: segurança da vida; proteção da propriedade e do conteúdo; e continuidade do processo operacional.

A proteção passiva são ações tomadas enquanto na fase de projeto de edificação, evitando ou diminuindo a probabilidade de propagação do fogo, como o isolamento de risco, a compartimentação vertical e horizontal, a resistência ao fogo das estruturas, o revestimento dos materiais, entre outras.

A proteção ativa são aquelas tomadas quando o fogo alastra-se até a chegada do Corpo de Bombeiros ou, então, o princípio de incêndio seja controlado. Estas ações são realizadas por equipamentos de detecção, de alarme e de combate ao fogo, como sensores, detectores de fumaça e calor, sistema de hidrantes, mangotinhos e chuveiros automáticos ("*sprinklers*"), extintores de incêndio, entre outros.

A garantia do atendimento aos requisitos funcionais é resultante de um sistema contra incêndio, que precisam ser observados no processo produtivo e no uso do edifício. Berto (1991) garante que as medidas de prevenção e proteção contra incêndio, quando relacionadas aos requisitos funcionais visando à garantia de níveis adequados de segurança contra incêndio são: prevenção contra o início do incêndio; limitação do crescimento do incêndio e da propagação do incêndio; extinção inicial do incêndio; evacuação segura do edifício; prevenção contra propagação do incêndio entre edifícios e contra colapso estrutural; e rapidez, eficiência e segurança das operações de combate e resgate. Assim, o Quadro 2 exemplifica as medidas fundamentais de prevenção e de proteção contra incêndio em relação ao processo produtivo e do uso de edifícios, de acordo com os elementos do sistema global.

Quadro 2 - Sistema global da segurança contra incêndio

(continua)

| Elemento | Principais medidas de prevenção contra incêndio | |
|---------------------------------------|---|---|
| | Relativas ao processo produtivo do edifício | Relativas ao uso do edifício |
| Precaução contra o início do incêndio | <ul style="list-style-type: none"> - correto dimensionamento e execução de instalações de serviço. - distanciamento seguro entre fontes de calor e materiais combustíveis. - provisão de sinalização de emergência. | <ul style="list-style-type: none"> - correto dimensionamento e execução de instalações do processo. - correta estocagem e manipulação de líquidos inflamáveis e combustíveis e de outros produtos perigosos. - manutenção preventiva e corretiva dos equipamentos e instalações que podem provocar o início do incêndio. - conscientização do usuário para a prevenção do incêndio. |
| Limitação do crescimento do incêndio | <ul style="list-style-type: none"> - controle da quantidade de materiais combustíveis incorporados aos elementos construtivos. - controle das características de reação ao fogo dos materiais incorporados aos elementos construtivos. | <ul style="list-style-type: none"> - controle da quantidade de materiais combustíveis incorporados aos elementos construtivos. |
| Extinção inicial do incêndio | <ul style="list-style-type: none"> - provisão de equipamentos portáteis. - provisão de sistema de hidrantes e mangotinhos. - provisão de sistema de chuveiros automáticos. - provisão de sistema de detecção e alarme. -provisão de sinalização de emergência. | <ul style="list-style-type: none"> - manutenção preventiva e corretiva dos equipamentos de proteção destinados à - elaboração de planos para a extinção inicial do incêndio. - treinamento dos usuários para efetuar o combate inicial do incêndio. - formação e treinamento de brigadas de incêndio. |

Quadro 2 - Sistema global da segurança contra incêndio

(continua)

| Elemento | Principais medidas de prevenção contra incêndio | |
|---|--|---|
| | Relativas ao processo produtivo do edifício | Relativas ao uso do edifício |
| Limitação da propagação do incêndio | <ul style="list-style-type: none"> - compartimentação horizontal. - compartimentação vertical. - controle da quantidade de materiais combustíveis incorporados aos elementos construtivos. - controle das características de reação ao fogo dos materiais incorporados aos elementos construtivos. | <ul style="list-style-type: none"> - manutenção preventiva e corretiva dos - controle da disposição de materiais combustíveis nas proximidades das fachadas. |
| Evacuação segura do edifício | <ul style="list-style-type: none"> - provisão de sistema de detecção e alarme. - provisão de sistema de comunicação de emergência. - provisão de rotas de fuga seguras. - provisão do sistema de iluminação de emergência. - provisão do sistema do controle do movimento da fumaça. - controle das características de reação ao fogo dos materiais incorporados aos elementos construtivos. | <ul style="list-style-type: none"> - manutenção preventiva e corretiva dos equipamentos destinados a garantir a evacuação segura. - elaboração de planos de abandono do edifício. - treinamento dos usuários para a evacuação de emergência. formação e treinamento de brigadas de evacuação de emergência. |
| Precaução contra a propagação do incêndio entre edifícios | <ul style="list-style-type: none"> - distanciamento seguro entre edifícios - resistência ao fogo da envoltória dos edifícios. | <ul style="list-style-type: none"> - controle das características de reação ao fogo dos materiais incorporados aos elementos construtivos (na envoltória do edifício). - controle da disposição de materiais combustíveis nas proximidades das fachadas. |
| Precaução contra o colapso estrutural | <ul style="list-style-type: none"> - resistência ao fogo dos elementos estruturais. - resistência ao fogo da envoltória do edifício. | ... |

Quadro 2 - Sistema global da segurança contra incêndio

(conclusão)

| Elemento | Principais medidas de prevenção contra incêndio | |
|--|--|---|
| | Relativas ao processo produtivo do edifício | Relativas ao uso do edifício |
| Rapidez, eficiência e segurança das operações de combate e resgate | - controle da quantidade de materiais combustíveis incorporados aos elementos construtivos. - controle das características de reação ao fogo dos materiais incorporados aos elementos construtivos. | - controle da quantidade de materiais combustíveis incorporados aos elementos construtivos. |

Fonte: BERTO, 1991 (adaptado).

Assim foi criado o Sistema Predial de Incêndio, uma vez realizado antes de iniciar uma obra, devendo ser aprovado previamente, afim de que medidas cautelares sejam adotadas com um único intuito e finalidade de proteção contra incêndios, devendo detectar com eficiência e assertividade focos de incêndio e combatê-los de maneira rápida e precisa. A implantação desse sistema inclui o conhecimento das normas e leis vigentes e na concepção dos projetos executivos técnicos de prevenção de incêndio.

Em razão de usar a água como agente extintor para combater os incêndios, utiliza-se vários tipos de equipamentos, móveis ou fixos. Os equipamentos móveis são compostos por extintores de incêndio. "Os sistemas fixos são constituídos por redes de canalização fixadas na edificação, tendo como elementos de aspersão da água sobre o fogo, os hidrantes, mangotinhos, chuveiros automáticos e projetores ou bicos nebulizadores." (BRENTANO, 2007). Eles podem ser divididos em sistemas sob comando e sistemas automáticos.

Os sistemas de hidrantes e de mangotinhos estão entre os sistemas sob comando, devem estar localizados em pontos estratégicos em áreas que carecem ser protegidas, uma vez que são constituídos por pontos de tomadas de água e devem ser operados manualmente com mangueiras de incêndio, quando na ocorrência de uma calamidade, podendo também lançar espuma mecânica.

Os sistemas automáticos acionam imediatamente por ocasião de um incêndio, acionados pelo calor do fogo. Conforme Brentano (2007), podem ser divididos em sistemas de chuveiros automáticos e em sistemas de projetores ou bicos nebulizadores de média e alta pressão. Os sistemas de chuveiros automáticos realizam a aspersão da água sobre o foco de fogo com determinada densidade e área de cobertura, em relação à pressão, tipo do dispositivo de

passagem da água, sendo formados por uma rede de canalizações de água com mecanismos igualmente espaçados e divididos nos ambientes que necessitam proteção. Já os sistemas de projetos ou bicos nebulizadores de média e alta pressão realizam o emprego da água sob forma de uma neblina muito fina, caracterizando-se por uma pressão mais elevada em relação aos sistemas de chuveiros automáticos, usados em ambientes de riscos específicos, como transformadores, estufas de secagem, óleos e outros líquidos inflamáveis. Estes não serão abordados minuciosamente.

2.4.1 Classificação das edificações

De acordo com a NBR 9077 (ABNT, 2001) – Saídas de emergências em edifícios –, os sistemas e medidas de segurança contra incêndio e pânico são obrigados a apresentarem-se em conformidade aos parâmetros relativos à classificação da edificação em apreço, são elas:

- I. quanto à ocupação, de acordo com o Quadro 3, presente no Anexo A; e
- II. quanto à altura, dimensões em planta e características construtivas, de acordo, respectivamente, com a Tabela 1, Tabela 2 e Quadro 4.

A NT 02 (GOIÁS, 2014a) prevê, ainda, a classificação da edificação quanto à carga do incêndio, conforme apresentado na Tabela 3, e demais classificações específicas em relação aos casos particulares e especiais.

Tabela 1 - Classificação das edificações quanto à altura

| Tipo de edificação | | Alturas contadas da soleira de entrada ao piso do último pavimento, não consideradas edículas no ático destinadas a casas de máquinas e terraços descobertos (H) |
|--------------------|--------------------------------|--|
| Código | Denominação | |
| K | Edificações térreas | Altura contada entre o terreno circundante e o piso da entrada igual ou inferior a 1,00 m. |
| L | Edificações baixas | $H \leq 6,00\text{m}$ |
| M | Edificações de média altura | $6,00\text{m} < H \leq 12,00\text{m}$ |
| N | Edificações medianamente altas | $12,00\text{ m} < H - 30,00\text{ m}$ |
| O | Edificações altas (0 - 1) | $H > 30,00\text{ m}$ |

| | | |
|---|---------------------------|---|
| O | Edificações altas (0 - 2) | Edificações dotadas de pavimentos recuados em relação aos pavimentos inferiores, de tal forma que as escadas dos bombeiros não possam atingi-las, ou situadas em locais onde è impossível o acesso de viaturas de bombeiros, desde que sua altura seja $H > 12,00$ m. |
|---|---------------------------|---|

Fonte: ABNT, 2001 (adaptado).

Tabela 2 - Classificação das edificações quanto às suas dimensões em planta

| Natureza do enfoque | | Código | Classe da edificação | Parâmetros de área |
|---------------------|--|--------|---------------------------|---|
| α | Quanto à área do maior pavimento (sp) | P | De pequeno pavimento | $sp < 750 \text{ m}^2$ |
| | | Q | De grande pavimento | $sp \geq 750 \text{ m}^2$ |
| β | Quanto à área dos pavimentos atuados abaixo da soleira da entrada (ss) | R | Com pequeno subsolo | $ss < 500 \text{ m}^2$ |
| | | S | Com grande subsolo | $sp \geq 500 \text{ m}^2$ |
| γ | Quanto à área total St (soma das áreas de todos os pavimentos da edificação) | T | Edificações pequenas | $St < 750 \text{ m}^2$ |
| | | U | Edificações médias | $750 \text{ m}^2 \leq St < 1500 \text{ m}^2$ |
| | | V | Edificações grandes | $1500 \text{ m}^2 \leq St < 5000 \text{ m}^2$ |
| | | W | Edificações muito grandes | $At \geq 5000 \text{ m}^2$ |

Fonte: ANBT, 2001 (adaptado).

Quadro 4 - Classificação das edificações quanto às suas características construtivas

(continua)

| Código | Tipo | Especificação | Exemplos |
|--------|---|--|---|
| X | Edificações em que a propagação do fogo é fácil | Edificações com estrutura e entrepisos combustíveis | Prédios estruturados em madeira, prédios com entrepisos de ferro e madeira, pavilhões em arcos de madeira laminada e outros. |
| Y | Edificações com mediana resistência ao fogo | Edificações com estrutura resistente ao fogo, mas com fácil propagação de fogo entre os pavimentos | Edificações com paredes-cortinas de vidro ("cristaleiras"); edificações com janelas sem peitoris (distância entre vergas e peitoris das aberturas do andar seguinte menor que 1,00 m); lojas com galerias elevadas e vãos abertos e outros. |

Quadro 4 - Classificação das edificações quanto às suas características construtivas

(conclusão)

| | | | |
|---|---|--|--|
| Z | Edificações em que a propagação do fogo é difícil | Prédios com estrutura resistente ao fogo e isolamento entre pavimentos | Prédios com concreto armado calculado para resistir ao fogo, com divisórias incombustíveis, sem divisórias leves, com parapeitos de alvenaria sob as janelas ou com abas prolongando os entrepisos e outros. |
| Nota: Os prédios devem, preferencialmente, ser sempre projetados e executados dentro do tipo "Z". | | | |

Fonte: ABNT, 2001 (adaptado).

Tabela 3 - Classificação das edificações quanto à carga do incêndio

| Risco | Carga de incêndio (MJ/m ²) (CI) |
|-------|---|
| Baixo | CI ≤ 300 MJ/m ² |
| Médio | 300 < CI ≤ 1.200 MJ/m ² |
| Alto | CI > 1.200 MJ/m ² |

Fonte: GOIÁS, 2014a (adaptado).

2.4.2 Cálculo da População

O cálculo da população de cada pavimento de uma edificação é definido utilizando-se a NBR 9077 (ABNT, 2001), dado conforme os coeficientes da tabela de dimensionamento das saídas, conforme mostra Tabela 4 e considerando sua ocupação, apresentado no Quadro 3.

Tabela 4 - Dados para o dimensionamento das saídas

(continua)

| Ocupação | | População (A) | Capacidade da U. de passagem | | |
|----------|-----------|---|------------------------------|------------------|--------|
| Grupo | Divisão | | Acessos e descargas | Escadas e 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 15,00 m ² de área (E) (G) | | | |
| C | - | Uma pessoa por 3,00 m ² de área (E) (J) | | | |
| D | - | Uma pessoa por 7,00 m ² de área | 100 | 60 | 100 |
| E | E-1 a E-4 | Uma pessoa por 1,50 m ² de área (F) | 30 | 22 | 30 |
| | E-5, E-6 | Uma pessoa por 1,50 m ² de área (F) | | | |

| F | F-1 | Uma pessoa por 3,00 m ² de área | 100 | 75 | 100 |
|---|---------------|---|-----|----|-----|
| Tabela 4 - Dados para o dimensionamento das saídas | | | | | |
| (conclusão) | | | | | |
| | F-2, F-5, F-8 | Uma pessoa por m ² de área (E) (G) | | | |
| | F-3, F-6, F-7 | Duas pessoas por m ² de área (G) (1:0,5 m ²) | | | |
| | F-4 | I (I) | | | |
| 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-1 | Uma pessoa por 7 m ² de área (E) | 60 | 45 | 100 |
| H | 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 7,00 m ² de área de ambulatório (H) | | | |
| | H-4, H-5 | I (I) | 60 | 45 | 100 |
| I | - | Uma pessoa por 10,00 m ² de área | 100 | 60 | 100 |
| J | - | Uma pessoa por 30,00 m ² de área (J) | | | |

(A) - Os parâmetros dados nesta Tabela são os mínimos aceitáveis para o cálculo da população. Em projetos específicos, devem ser cotejados com os obtidos em função da localização de assentos, máquinas, arquibancadas e outros, e adotados os mais exigentes, para maior segurança.

(B) - As capacidades das unidades de passagem (ver Nota de 3.54) em escadas e rampas estendem-se para lanços retos e saída descendente. Nos demais casos, devem sofrer redução, como abaixo especificado. Estas percentagens de redução são cumulativas, quando for o caso:

- lanços curvos de escadas (com degraus ingrauxidos): redução de 10%;
- lanços ascendentes de escadas, com degraus até 17 cm de altura: redução de 10%;
- lanços ascendentes de escada com degraus até 17,5 cm de altura: redução de 15%;
- lanços ascendentes de escadas com degraus até 18 cm de altura: redução de 20%;
- rampas ascendentes, declividade até 10%: redução de 1% por grau percentual de inclinação (1% a 10%);
- rampas ascendentes de mais de 10% (máximo: 12,5%): redução de 20%.

(C) - Em apartamentos de até dois dormitórios, a sala deve ser considerada como dormitório; em apartamentos maiores (três e mais dormitórios), as salas de costura, gabinetes e outras dependências que possam ser usadas como dormitórios (inclusive para empregadas) são consideradas como tais. Em apartamentos mínimos, sem divisões em planta, considera-se uma pessoa para cada 6 m² de área de pavimento.

(D) - Alojamento = dormitório coletivo, com mais de 10,00 m².

(E) - Por "área" entende-se a "área de pavimento" que abriga a população em foco, conforme 3.7; quando discriminado o tipo de área (p.ex.: "área de alojamento"), é a área útil interna da dependência em questão.

(F) - Auditórios e assemelhados, em escolas, bem como salões de festas e centros de convenções em hotéis são considerados nos grupos de ocupação F-2, F-6 e outros, conforme o caso.

(G) - As cozinhas e suas áreas de apoio, nas ocupações F-6 e F-8, têm sua ocupação admitida como no grupo D, isto é, uma pessoa por 7 m² de área.

(H) - Em hospitais e clínicas com internamento (H-3) que tenham pacientes ambulatoriais, acresce-se à área calculada por leito a área de pavimento correspondente ao ambulatório, na base de uma pessoa por 7 m².

(I) O símbolo "I" indica necessidade de consultar normas e regulamentos específicos (não cobertos por esta Norma).

(J) A parte de atendimento ao público de comércio atacadista deve ser considerada como do grupo C.

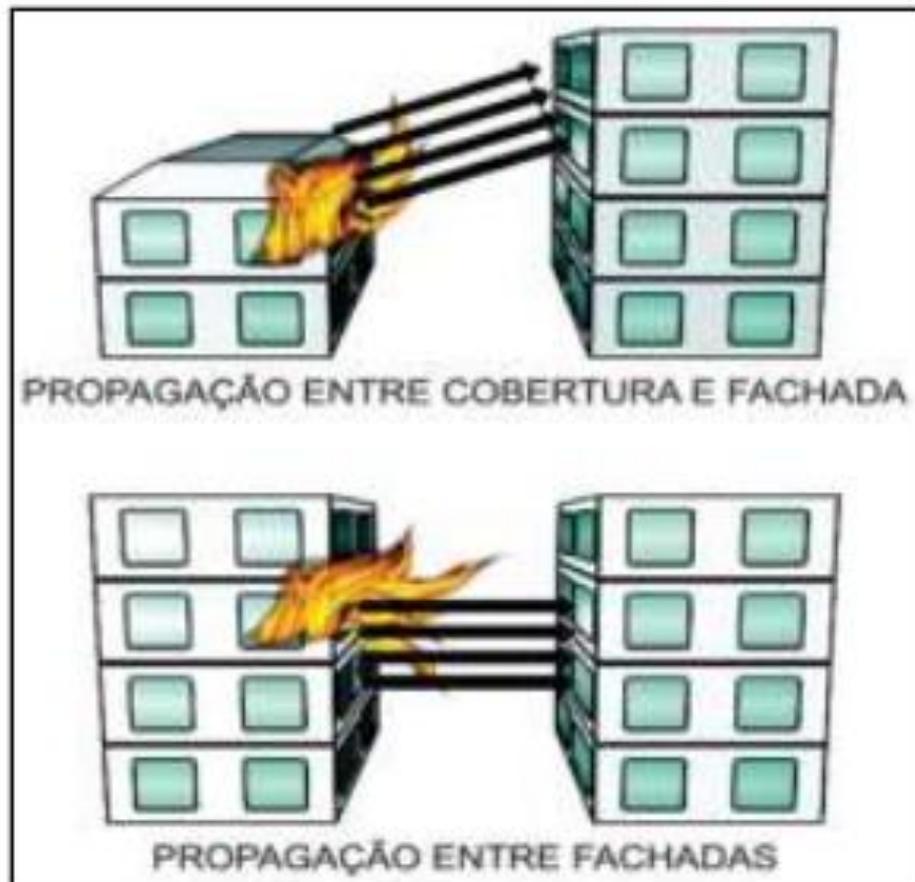
Fonte: ABNT, 2011 (adaptado).

2.5 DETALHAMENTO DAS PRINCIPAIS MEDIDAS PREVENTIVAS DE PROTEÇÃO CONTRA INCÊNDIO E PÂNICO

2.5.1 Isolamento de riscos

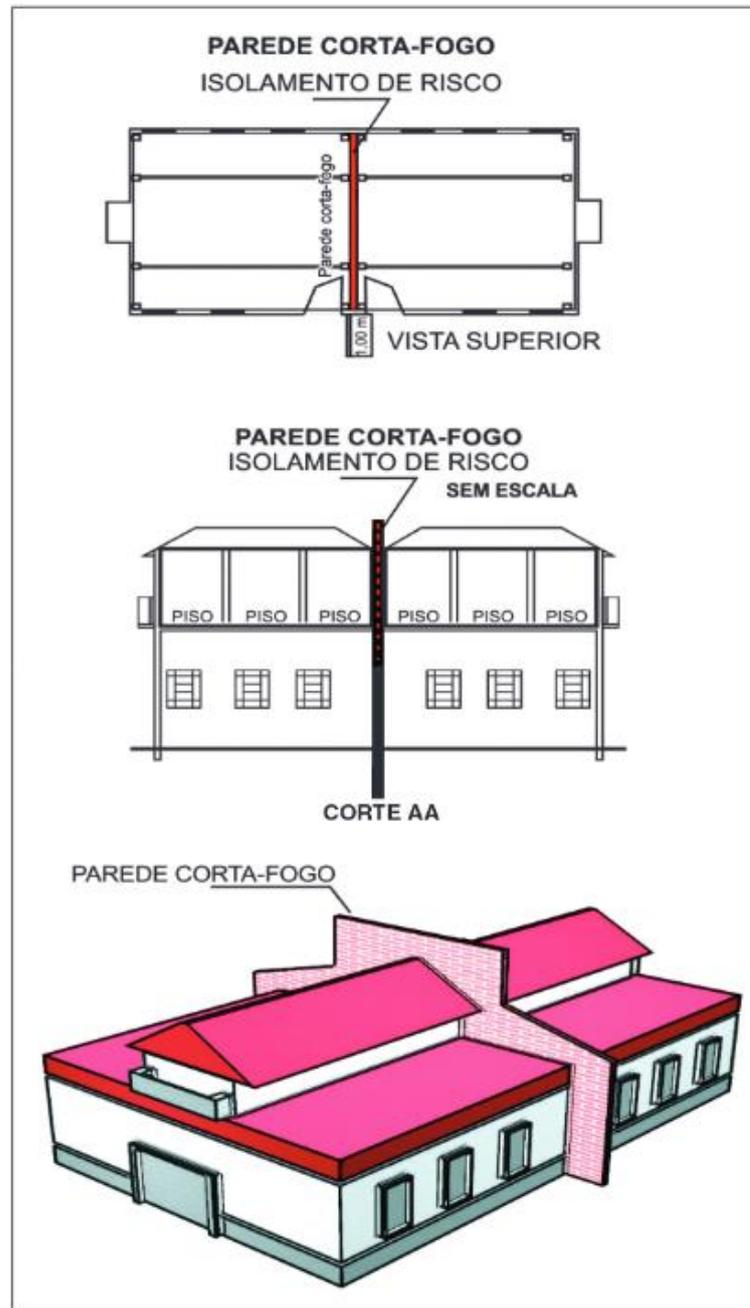
Conforme visto anteriormente, o fogo alastra-se entre as edificações isoladas através de radiação térmica, condução e convecção. Dessa maneira há duas formas de isolar uma edificação em relação à outra (GOIÁS, 2014a): por meio de distanciamento seguro (afastamento) entre as fachadas das edificações, conforme Figura 5, e por meio de barreiras estanques entre os edifícios contíguos, conforme Figura 6.

Figura 5 - Isolamento por distância de afastamento



Fonte: GOIÁS, 2014a.

Figura 6 - Isolamento obtido por parede corta-fogo



Fonte: GOIÁS, 2014a.

2.5.2 Compartimentação vertical e horizontal

De acordo com Brentano (2010), a compartimentação é a forma mais econômica e eficaz de se proteger passivamente do fogo uma edificação, dado que visa dividir o edifício em células capacitadas a suportar a queima dos materiais combustíveis nelas contidos, impedindo o alastramento do incêndio, de acordo com Figura 7, que mostra detalhes deste isolamento.

horizontal (ambientes do mesmo nível) e vertical (pavimentos consecutivos em edificações de múltiplos andares) (FAGUNDES, 2013). Marcatti *et al* (2008) descreve que a compartimentação horizontal deve manter compatibilidade com os meios de evacuação, de forma que cada área compartimentada seja dotada saída de emergência, garantindo o escape até a parte exterior da edificação. Como exemplos temos as paredes de compartimentação de áreas, as portas corta-fogo, os registros corta-fogo (*dampers*) dos dutos de ventilação e os selos corta-fogo na passagem de instalações.

Conforme Rosso (1975), a compartimentação vertical é empregada por elementos construtivos isolando pavimentos consecutivos, de modo que o foco de incêndio não se alastre por toda a edificação, por exemplo: entrepisos corta-fogo; enclausuramento de escadas e elevadores; selos corta-fogo; registros corta-fogo (*dampers*); e os vedadores corta-fogo.

2.5.3 Resistência das estruturas ao fogo

"As estruturas dos edifícios, principalmente as de grande porte, independentemente dos materiais que as constituam, devem ser dimensionadas de forma a possuírem resistência ao fogo compatível com a magnitude do incêndio que possam vir a ser submetidas" (GOIÁS, 2014a). As estruturas das edificações construídas, devem atender critérios mínimos de segurança para que a população consiga evacuar o local a tempo, com o objeto de: que os materiais não propaguem o fogo e não contribuam para o seu crescimento; que os isolamentos e compartimentações funcionem com eficácia; e evitar o colapso estrutural da edificação.

A NBR 14432 (ABNT, 2000b) - Exigências de resistência ao fogo de elementos construtivos de edificações - Procedimentos - afirma, ainda, que para os elementos estruturais que estejam livres da ação do incêndio, ficam dispensados de apresentarem a resistência ao fogo exigida.

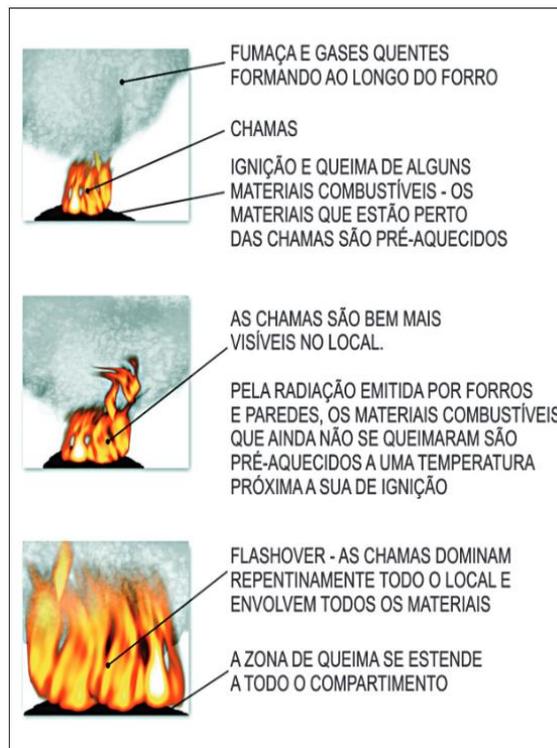
2.5.4 Resistência dos materiais ao fogo

Martín e Peris (1982) associam as etapas da evolução de um foco de incêndio com a influência dos materiais que compõem a estrutura de uma edificação, por ocasião da interação que ocorre às reações ao fogo. Em consonância, Mitidieri *et al* (2008) diz que a definição dos

materiais utilizados deve-se levar em consideração que sejam, preferencialmente, incombustíveis, pois inibi o avanço do foco de incêndio.

A NT 02 (GOIÁS, 2014a) relaciona a evolução do incêndio com os materiais combustíveis encontrados em uma construção, uma vez que, na maioria das vezes, esses iniciam a ignição em primeiro lugar; e após a inflamação generalizada, o ambiente ficará completamente envolvido pelo fogo, posto que sua evolução ou extinção dependerá de três aspectos correlacionados: razão do desenvolvimento de calor pelo primeiro objeto ignizado; natureza, distribuição e quantidade de materiais combustíveis no compartimento incendiado; e natureza das superfícies dos elementos construtivos sob o ponto de vista de sustentar a combustão a propagar as chamas. A Figura 8 ilustra a evolução da propagação nos materiais.

Figura 8 - Evolução da propagação nos materiais



Fonte: GOIÁS, 2014a.

2.5.5 Saídas de emergência

As saídas de emergência devem atender ao disposto na NBR 9077 (ABNT, 2001), compreendendo com uma rota de fuga protegida e desobstruída para os ocupantes até o exterior, quando na ocasião de um incêndio.

De acordo com a NT 11 (GOIÁS, 2017) do CBMGO – Saídas de Emergência –, compreendem como saídas de emergência os seguintes componentes: acessos ou corredores; rotas de saídas horizontais, quando houver, e respectivas portas ou espaço livre exterior, nas edificações térreas; escadas ou rampas; descarga; e elevador de emergência. Assim, todos esses formantes devem estar desobstruídos e livres de obstáculos, sendo dimensionadas conforme a NBR 9077 (ABNT, 2001), de acordo com a população ocupante da edificação.

2.5.6 Sistema de iluminação de emergência

Quando em ambientes fechados, as rotas de fuga devem ser sinalizadas e iluminadas com dispositivos de balizamento de acordo com a NBR 10898 (ABNT, 1999a) – Sistemas de iluminação de emergência.

A iluminação de emergência objetiva proporcionar iluminação adequada para a desocupação do local o mais rápido possível, de maneira segura, em caso de alimentação normal (UMINSKI, 2003). Além disso, a iluminação também garante a execução das manobras de interesse da segurança e intervenção do socorro.

A NT 02 (GOIÁS, 2014a) define dois tipos de iluminação de emergência para fins de segurança contra incêndio: a iluminação de balizamento e de aclaramento. A iluminação de balizamento relaciona-se à sinalização que indica as rotas de fuga, com a missão de orientar a direção e sentido que devem ser seguidos para o exterior. Já a de aclaramento, Figura 9, destina-se a iluminar as rotas, facilitando a movimentação dos ocupantes dentro da edificação.

Segundo a NT 18 (GOIÁS, 2014b) – Iluminação de emergência – o sistema de iluminação pode ser classificado através do tipo de fonte de energia a ser utilizado: grupo motogerador (GMG); sistema centralizado com baterias; e conjunto de blocos autônomos.

Figura 9 - Luz de aclaramento

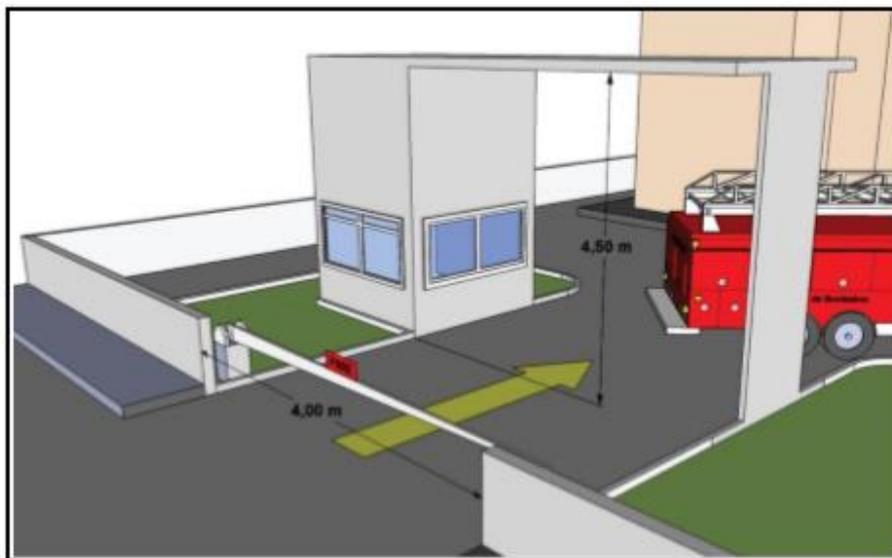


Fonte: GOIÁS, 2014a.

2.5.7 Acesso a viaturas de emergência

“Os equipamentos de combate devem-se aproximar ao máximo do edifício afetado pelo incêndio [...]” (GOIÁS, 2014a), evitando, assim, a demora e para que não haja necessidade de utilizar linhas de mangueiras muito longas, uma vez que a aproximação do veículo de emergência é imprescindível ao sucesso nas operações de combate ao fogo. O atendimento às dimensões mínimas pode ser obrigatório, dependendo do tipo de ocupação da edificação. Assim, para instalações industriais, por exemplo, a Figura 10 exemplifica as dimensões mínimas de entrada para veículos de emergência em um edifício como 4,00 m de largura por 4,50 m de altura.

Figura 10 - Dimensões mínimas da entrada de veículos de emergência



Fonte: SÃO PAULO, 2011.

2.5.8 Sistema de detecção e alarme de incêndio

A NBR 17240 (ABNT, 2010) – Sistemas de detecção e alarme de incêndio – Projeto, instalação, comissionamento, e manutenção de sistemas de detecção e alarme de incêndio – Requisitos – descreve que: “o projeto de sistema de detecção e alarme de incêndio deve conter todos os elementos necessários ao seu completo funcionamento, de forma a garantir a detecção de um princípio de incêndio, no menor tempo possível”, devendo ser observado o tipo de sistema de detecção e o tipo de detector apropriado para cada ambiente. O objetivo é detectar o

incêndio através de três fenômenos: fumaça, elevação da temperatura e radiação da luz das chamas. O alarme poderá ser acionado por acionadores manuais ou detectores automáticos (UMINSKI, 2003).

O sistema de alarme e detecção de incêndio deve identificar que existe fogo em seu estágio inicial, possibilitando o abandono rápido e seguro do local pelos seus ocupantes e começo das ações para combater o incêndio (SEITO *et al*, 2008).

O sistema de detecção e alarme pode ser dividido basicamente em cinco partes (GOIÁS, 2014a): detector de incêndio; acionador manual; central de controle do sistema; avisadores sonoros e/ou visuais; e fonte de alimentação elétrica.

Detector de incêndio (Figura 11): dispositivos que, quando sensibilizados por fenômenos físicos ou químicos, detectam o princípio do incêndio. Podem ser divididos conforme o fenômeno que detecta em: térmicos, de fumaça, de gás ou de chama (GOIÁS, 2014a).

Figura 11 - Detector de incêndio



Fonte: GOIÁS, 2014a.

O acionador manual (Figura 12) transmite a informação da ocorrência do incêndio por iniciativa humana. A central de controle do sistema (Figura 13) é o dispositivo pelo qual o detector é alimentado eletricamente. A fonte de alimentação elétrica, que garante o funcionamento do sistema (GOIÁS, 2014a).

Figura 12 - Acionador manual



Fonte: GOIÁS, 2014a.

Figura 13 - Central de alarme



Fonte: GOIÁS, 2014a.

Além disso, a central de controle do Sistema tem com a função de receber, indicar e registrar o sinal de perigo além de transmitir o sinal recebido para acionar a sirene (Figura 14), controlar o funcionamento do sistema e possibilitar testes (GOIÁS, 2014a).

Figura 14 - Detalhe de sirene



Fonte: GOIÁS, 2014a.

2.5.9 Sinalização de emergência

A sinalização preventiva está discriminada na NBR 13434 (ABNT, 2004) – Sinalização de segurança contra incêndio e pânico – e diz que compreende o conjunto de sinais visuais que indicam a existência e a localização referente às saídas de emergência e aos equipamentos de segurança contra incêndio e os riscos, com objetivos de caráter preventivo e proteção. A Figura 15 apresenta alguns exemplos de dispositivos de sinalização preventiva.

Figura 15 - Sinalização de emergência



Fonte: SÃO PAULO, 2011.

O objetivo de caráter preventivo assume como funções de alertar para os riscos potenciais, requerer ações que contribuam para a segurança contra incêndio e proibir ações capazes de afetar a segurança contra incêndio. O objetivo de caráter preventivo tem como atribuição de indicar a localização dos equipamentos de combate, orientar as ações de combate e indicar as rotas de fuga e os caminhos a serem seguidos (GOIÁS, 2014a).

Pelo fato de orientar as pessoas, principalmente, em condições de pânico, as sinalizações devem ser fácil visualização e entendimento e jamais devem deixar as pessoas em dúvida em relação ao que fazer e rota a seguir.

A sinalização de emergência é dividida conforme às suas funções em seis categorias (GOIÁS, 2014a):

1. Sinalização de alerta: alerta para áreas e materiais com potencial de risco;
2. Sinalização de comando: reivindica ações que proporcionam condições adequadas para a utilização das rotas de fuga;
3. Sinalização de proibição: proibi ações capazes de conduzir o início de um incêndio;
4. Sinalização de condições de orientações e salvamento: indica as rotas de saída e ações necessárias para o seu acesso;
5. Sinalização dos equipamentos de combate: indica a localização e os tipos de equipamentos de combate, conforme mostrado na Figura 16.

Figura 16 - Sinalização de extintores



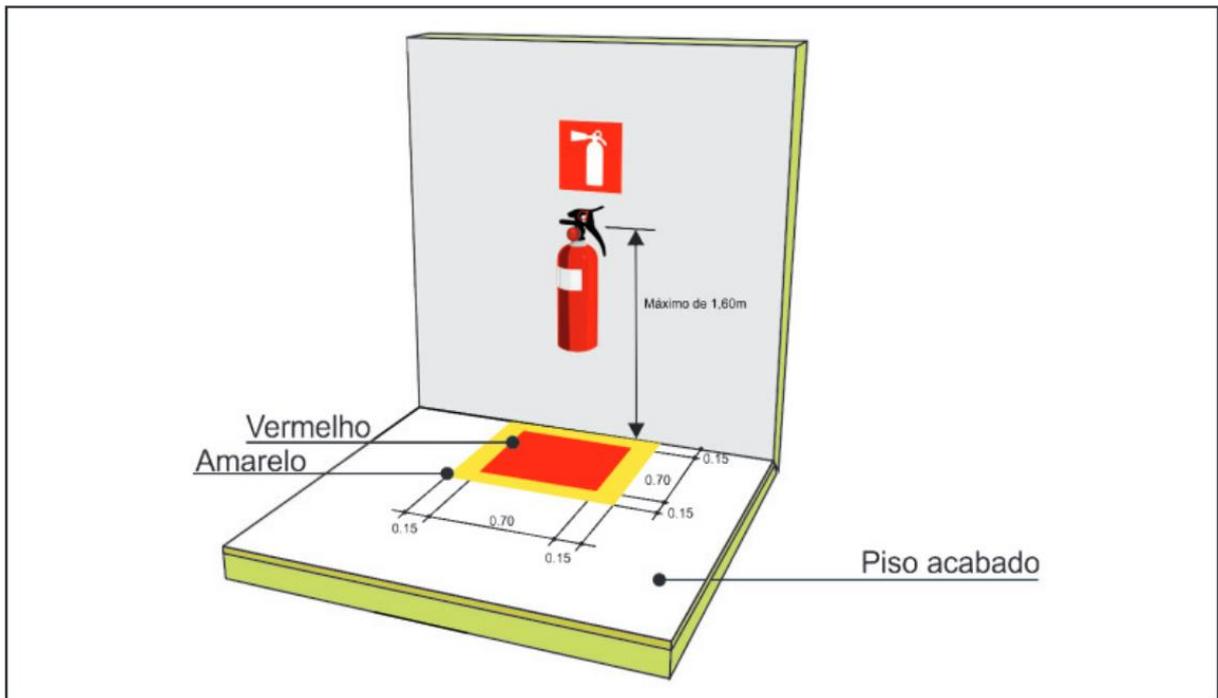
Fonte: GOIÁS, 2014a.

2.5.10 Sistema de proteção por extintores de incêndio

A NBR 12693 (ABNT, 2013) – Sistemas de proteção por extintores de incêndio – é a legislação que discorre acerca dos extintores de incêndio e os requisitos mínimos para o projeto, escolha e instalações de extintores portáteis ou sobre rodas, em edificações ou áreas de risco, afim de combater o incêndio.

Para a eficiência e eficácia de uso dos extintores de incêndio, Brentano (2010) afirma que a ação efetiva depende da descoberta do fogo em sua fase inicial, da escolha do agente extintor e adequada distribuição dos extintores ao longo da edificação, observando os detalhes contidos na Figura 17 quando em áreas de circulação de pessoas, com espessura 0,15 m de faixa amarela, 0,70 x 0,70 m de área vermelha e altura máxima de 1,60 m.

Figura 17 - Detalhe de instalação de extintores em áreas sujeitas à obstrução



Fonte: SÃO PAULO, 2011.

A NT 02 (GOIÁS, 2014a) define o extintor portátil como um objeto manual, composto de recipiente e acessório, contendo o agente extintor adequado para combater o fogo e devem ser distribuídos de tal forma que o operador não percorra mais que o valor apresentado na Tabela 5. O extintor sobre rodas é também composto de um único recipiente com agente

extintor, porém com uma capacidade maior em quantidade e devem ser distribuídos de tal forma que o operador não percorra mais que o valor apresentado na Tabela 6 (GOIÁS, 2014c).

Tabela 5 - Distância máxima a percorrer pelo operador (extintor portátil)

| Distância máxima a percorrer pelo operador | |
|---|------|
| Risco Baixo | 25 m |
| Risco Médio | 20 m |
| Risco Alto | 15 m |

Fonte: GOIÁS, 2014c (adaptado).

Tabela 6 - Distância máxima a percorrer pelo operador (extintor sobre rodas)

| Distância máxima a percorrer pelo operador | |
|---|------|
| Risco Baixo | 35 m |
| Risco Médio | 30 m |
| Risco Alto | 20 m |

Fonte: GOIÁS, 2014c (adaptado).

Os extintores portáteis e sobre rodas podem ser classificados de acordo com o agente extintor que utilizam: água; espuma mecânica; pó químico seco; dióxido de carbono; e halon (GOIÁS, 2014a). De acordo com a natureza do fogo, os agentes extintores devem ser selecionados entre os constantes do Quadro 5 (ABNT, 2013).

Quadro 5 - Seleção do agente extintor segundo a classificação do fogo

| Classe do fogo | Agente extintor | | | | | | |
|---|---|----------------|-----------------|---------------|--------|----------|-----------------------------|
| | Água | Espuma química | Espuma mecânica | Gás Carbônico | Pó B/C | Pó A/B/C | Hidrocarbonetos halogenados |
| A | (A) | (A) | (A) | (NR) | (NR) | (A) | (A) |
| B | (P) | (A) | (A) | (A) | (A) | (A) | (A) |
| C | (P) | (P) | (P) | (A) | (A) | (A) | (A) |
| D | Deve ser verificada a compatibilidade entre o metal combustível e o agente extintor | | | | | | |
| (A) - Adequado à classe de fogo | | | | | | | |
| (NR) - Não recomendado à classe do fogo | | | | | | | |
| (P) - Proibido à classe do fogo | | | | | | | |

Fonte: ABNT, 2013 (adaptado).

A classificação de acordo com o agente extintor, o princípio de extinção e o sistema de expulsão está representado no Quadro 6 e a classificação conforme o agente extintor, a carga nominal e a capacidade extintora equivalente na Tabela 7 (ABNT, 2013).

Quadro 6 - Classificação dos extintores segundo o agente extintor, o princípio de extinção e o sistema de expulsão

| Agente extintor | Princípio da extinção | Sistema de expulsão | | | |
|--------------------------------|--|---------------------|---------------|------------------------|----------------------|
| | | Autogeração | Auto-expulsão | Pressurização indireta | Pressurização direta |
| água | resfriamento | | | X | X |
| soda ácido | resfriamento | X | | | |
| espuma química | resfriamento/ abafamento | X | | | |
| carga líquida | resfriamento | X | | | |
| espuma mecânica | resfriamento/ abafamento | | | X | X |
| pó químico B/C | reação química | | | X | X |
| pó químico A/B/C | reação química / abafamento (para o fogo Classe A) | | | X | X |
| pó químico D | resfriamento/ abafamento/ reação química | | | X | |
| gás carbônico | resfriamento/ abafamento | | X | | X (A) |
| hidrocarbonetos halogenados | reação química / abafamento (para o fogo Classe A) | | | | X |

(A) - Aplicável em ambientes de baixa temperatura.

Fonte: ABNT, 2013 (adaptado).

Tabela 7 - Classificação dos extintores segundo o agente extintor, a carga nominal e a capacidade extintora equivalente

| Agente extintor | Extintor portátil | | Extintor sobre rodas | |
|---|-------------------|----------------------------------|----------------------|----------------------------------|
| | Carga | Capacidade extintora equivalente | Carga | Capacidade extintora equivalente |
| água | 10 L | 2A | 75 L | 10A |
| | | | 150 L | 20A |
| espuma química | 10L | 2A:2B | 75 L | 6A:10B |
| | 20L | 2A:5B | 150 L | 10A:20B |
| espuma mecânica | 9L | 2A:20B | | |
| gás carbônico | 4,0 kg 6,0 kg | 2B | 10 kg | 5B |
| | | | 25 kg | 10B |
| | | | 30 kg | 10B |
| | | | 50 kg | 10B |
| pó químico à base de bicarbonato de sódio | 1,0 kg | 2B | | |
| | 2,0 kg | 2B | | |
| | 4,0 kg | 10B | 20 kg | 20B |
| | 6,0 kg | 10B | 50 kg | 30B |
| | 8,0 kg | 10B | | |
| | 12,0 kg | 20B | 100 kg | 40B |
| hidrocarbonetos halogenados | 1,0 kg | 2B | | |
| | 2,0 kg | 2B | | |
| | 2,5 kg | 5B | | |
| | 4,0 kg | 10B | | |

Fonte: ABNT, 2013 (adaptado).

Nas ocupações ou locais de trabalho, a quantidade de extintores será determinada pelas condições seguintes, conforme Tabela 8, estabelecidas para uma unidade extintora conforme Tabela 9 (BRASIL, 2011).

Tabela 8 - Quantidade de extintores conforme classe de ocupação

| Área coberta para unidade de extintores | Risco do Fogo | Classe de ocupação (Segundo Tarifa de Seguro Incêndio do Brasil) | Distância máxima a ser percorrida |
|---|---------------|--|-----------------------------------|
| 500 m ² | pequeno | "A" - 01 e 02 | 20 metros |
| 250 m ² | médio | "B" - 02, 04, 05 e 06 | 10 metros |
| 150 m ² | grande | "C" - 07, 08, 09, 10, 11, 12 e 13 | 10 metros |

Fonte: BRASIL, 1978 (adaptado).

Tabela 9 - Capacidade e quantidade de extintores

| Substância | Capacidade dos extintores | Número de extintores que constituem unidade extintora |
|-------------------|----------------------------------|--|
| espuma | 10 litros | 1 |
| | 5 litros | 2 |
| água pressurizada | 10 litros | 1 |
| água gás | 10 litros | 2 |
| gás carbônico | 6 kg | 1 |
| | 4 kg | 2 |
| | 2 kg | 3 |
| | 1 kg | 4 |
| pó químico seco | 4 kg | 1 |
| | 2 kg | 2 |
| | 1 kg | 3 |

Fonte: BRASIL, 2011 (adaptado).

As medidas devem ser adotadas, presente nas legislações, quanto ao sistema de proteção por extintores de incêndio (EUZEBIO, 2011):

- o extintor deve estar em uma altura entre 0,60m e 1,60m, considerando a borda inferior e a parte superior do extintor (alça), respectivamente;
- deve estar em local visível, desobstruído, de fácil acesso e protegido de intempéries;
- não pode ser instalado nas paredes das escadas;
- é ter prazo de validade da manutenção da carga (1 ano) e teste hidrostático (5 anos);
- evitar intercalar diferentes tipos de extintores;
- operá-los corretamente e, portanto, investir em treinamento de pessoal;
- só devem ser utilizados extintores de incêndio que obedeçam às normas brasileiras ou regulamentos técnicos do Instituto Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial – INMETRO;
- independentemente da área ocupada, deverá existir pelo menos 2 extintores para cada pavimento;
- em locais com armazenagem e transporte de materiais deverá ser pintada de vermelho, com bordas amarelas, uma larga área do piso embaixo do extintor, a qual não poderá ser obstruída por forma nenhuma. Essa área deverá ser no mínimo de 1,00m x 1,00m;
- a sinalização do local do extintor deve ser feita por placas com setas visíveis de qualquer ponto do prédio, normalmente nas cores vermelho e amarelo, e indicando a classe de

incêndio a que o extintor se destina. Essa sinalização deverá estar a uma altura de 1,80m do piso acabado (até a base da placa ou seta); e

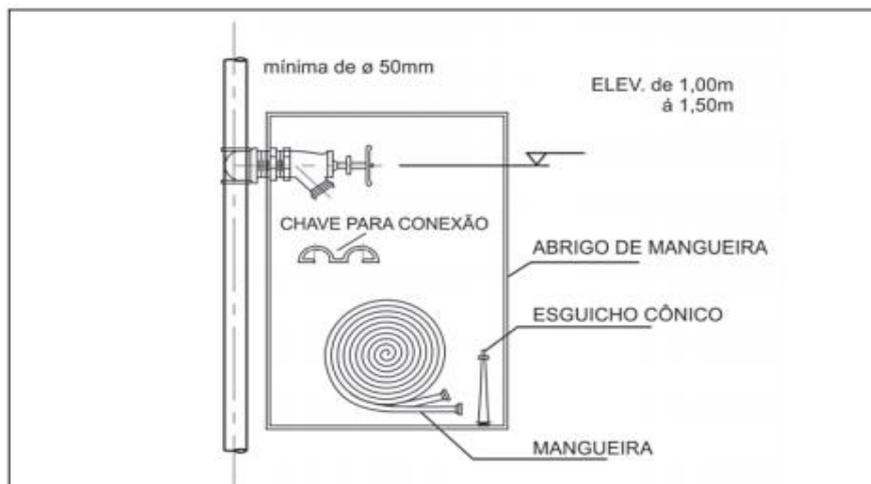
- quando da inspeção deverá ser apresentada nota fiscal de compra ou de manutenção dos equipamentos.

2.5.11 Sistema de hidrantes e mangotinhos

De acordo com a NT 02 (GOIÁS, 2014a), em consonância à NBR 13714 (ABNT, 2000a) – Sistemas de hidrantes e de mangotinhos para combate a incêndio –, o sistema de hidrantes é uma proteção ativa e um sistema de combate a incêndio sob comando, conforme detalhado na Figura 18, destinado a conduzir e distribuir água, com correta vazão e pressão num edifício, possibilitando e garantindo o funcionamento por um período de tempo . Outro sistema que pode substituir ao tradicional de hidrantes internos são os mangotinhos.

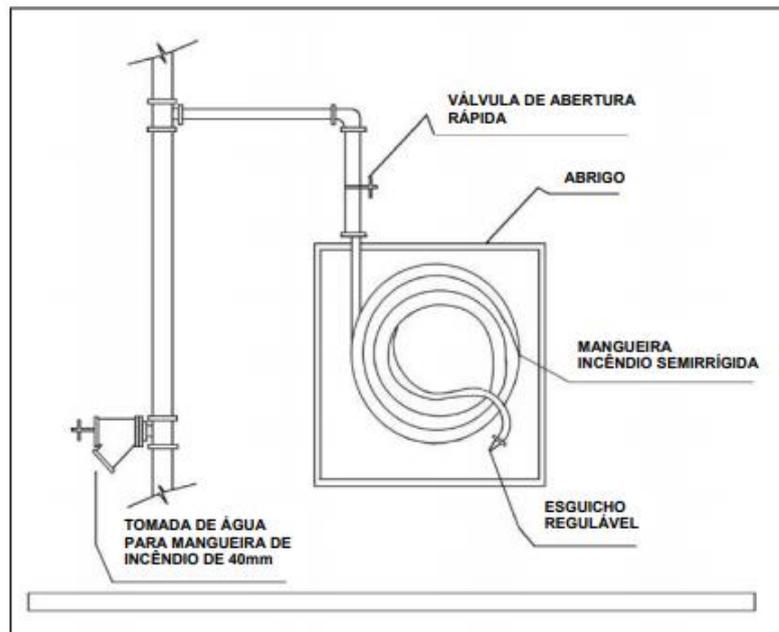
Para Brentano (2007) os sistemas de mangotinhos, de acordo com Figura 19, estão dispostos à edificação estrategicamente, com saída de água simples, contendo válvula de abertura rápida, de passagem plena, permanentemente acoplada nela uma mangueira semirrígida, com 25 ou 32 mm de diâmetro nominal cuja extremidade tem esguicho regulável acoplado. Já os sistemas de hidrantes possuem saídas de água simples ou dupla, com válvulas angulares de 40 ou 65 mm de diâmetro nominal, com seus respectivos adaptadores e tampões, podendo estar em caixas de incêndios que já contém as mangueiras de hidrantes e esguichos, que são acoplados somente por ocasião de um incêndio.

Figura 18 - Detalhe do Hidrante



Fonte: GOIÁS, 2014a.

Figura 19 - Sistema de magotinhos



Fonte: GOIÁS, 2014a.

Os tipos de sistemas de proteção por hidrantes ou mangotinhos estão apresentados na NT 22 (GOIÁS, 2014d), podendo ser observados na Tabela 10. Além disso, os componentes que compõem cada tipo de sistema estão representados no Quadro 7.

Tabela 10 - Tipos de sistemas de proteção por hidrante ou mangotinho

| Tipo | Esguicho regulável (DN) | Mangueiras de incêndio | | | Vazão mínima na válvula do hidrante mais desfavorável (L/min) | Pressão mínima no hidrante mais desfavorável (mca) |
|------|-------------------------|------------------------|-----------------|----------------------|---|--|
| | | DN (mm) | Comprimento (m) | Número de expedições | | |
| 1 | 25 | 25 | 30 | simples | 100 | 80 |
| 2 | 40 | 40 | 30 | simples | 150 | 30 |
| 3 | 40 | 40 | 30 | simples | 200 | 40 |
| 4 | 40 | 40 | 30 | simples | 300 | 65 |
| 5 | 65 | 65 | 30 | simples | 300 | 30 |
| 5 | 65 | 65 | 30 | duplo | 600 | 60 |

Fonte: GOIÁS, 2014d (adaptado).

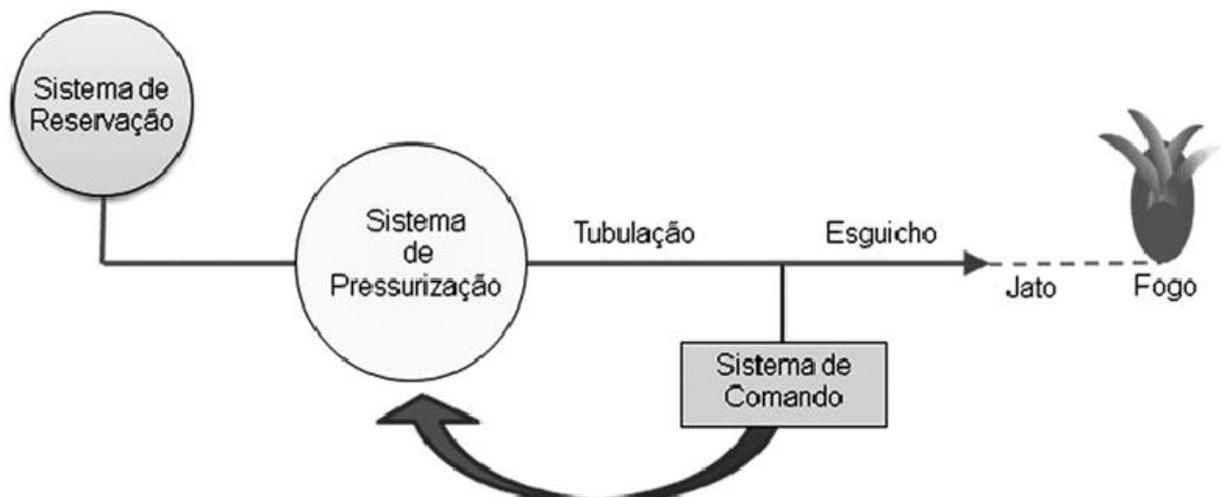
Quadro 7 - Componentes para cada hidrante simples ou mangotinho

| Materiais | Tipos de sistemas | | | | |
|--------------------------------------|-------------------|---|-------------------|-------------------|-------------------|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| Abriço | Opcional | sim | sim | sim | sim |
| Mangueiras de incêndio | não | Tipo 1 (Residencial) ou Tipo 2 (Demais ocupações) | Tipo 2, 3, 4 ou 5 | Tipo 2, 3, 4 ou 5 | Tipo 2, 3, 4 ou 5 |
| Chavas para hidrantes, engate rápido | não | sim | sim | sim | sim |
| Esguicho | sim | sim | sim | sim | sim |
| Mangueira | sim | não | não | não | não |

Fonte: GOIÁS, 2014d (adaptado).

A NT 02 (GOIÁS, 2014a) diz que o Corpo de Bombeiros pode utilizar o sistema de hidrantes, em casos de edifícios muito altos, para assegurar uma melhor intervenção no incêndio, por isso devem ser instalados em todos os andares, em locais protegidos e próximos às escadas de segurança. Além disso, a canalização deve ter um prolongamento até o exterior da edificação afim de poder recalcar água para as viaturas de emergência.

Conforme Seito *et al* (2008), o sistema de hidrantes e de mangotinhos apresentam os elementos e componentes classificados em três subsistemas: reserva, pressurização e comando, conforme ilustra a Figura 20.

Figura 20 - Elementos e componentes do sistema de hidrantes

Fonte: SEITO *et al*, 2007.

A reserva de incêndio é o compartimento que armazena a água, devendo atender ao previsto na NBR 13714 (ABNT, 2000a), que será utilizada caso ocorra um sinistro, possuindo uma quantidade adequada. Poderão ser elevadas, no nível do solo ou subterrâneas (UMINSKI, 2003, p. 28).

2.5.12 Sistema de chuveiros automáticos

Seito *et al* (2008) afirma que o sistema de chuveiros automáticos é uma sistema fixo que são acionados automaticamente, sem interferência humana, quando ativado pelo foco de incêndio, liberando água em quantidade adequada para proteger o ambiente e impedir que alastre-se, sob forma de aspersão, fazendo soar simultaneamente o alarme. Os chuveiros automáticos desempenham função de detectar, avisar e combater o fogo.

De acordo com a NBR 10897 (ABNT, 1990) – Proteção contra incêndio por chuveiros automáticos –, define o sistema de chuveiros automáticos (*sprinklers*) como um sistema fixo integrado, conforme ilustrado na Figura 21, dividindo-os em: sistema de tubo molhado, sistema de tubo seco, sistema de ação prévia, sistema dilúvio e sistema combinado de tubo seco e ação prévia.

Um sprinkler é um dispositivo comumente utilizado no combate a incêndios. Ele é composto de uma “armadura”, um elemento sensível, chamado bulbo. O bico de *sprinkler* é rosqueado a uma tubulação pressurizada e permanece fechado por tampa travada pelo bulbo. As roscas normalmente são de ½” ou ¾” NPT. No interior do bulbo um líquido se expande a uma determinada temperatura de maneira que a cápsula seja rompida, quando um incêndio for iniciado, liberando a água para atuar no combate (BRENTANO, 2007).

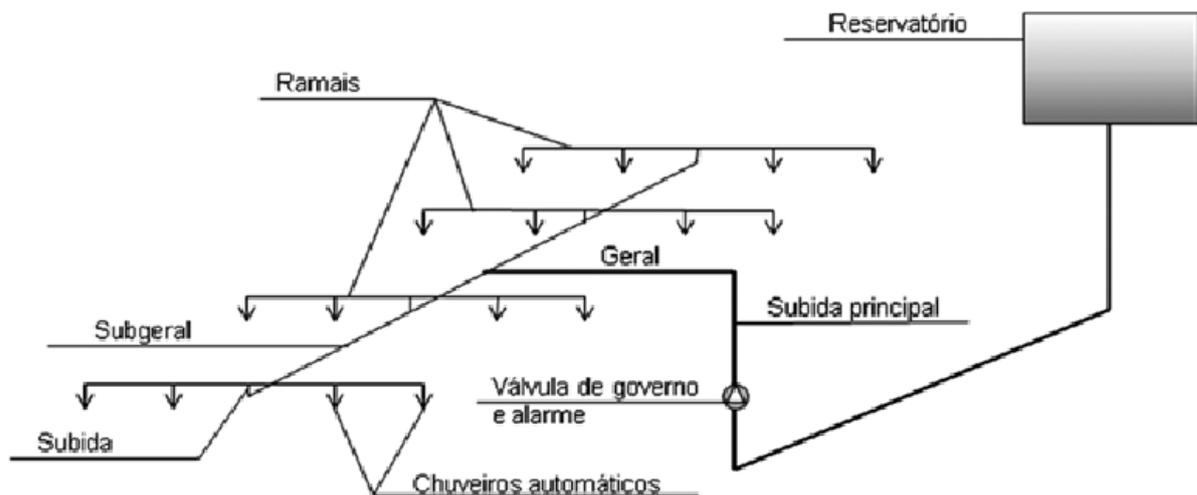
Seito *et al* (2008) apresenta os elementos e componentes, conforme Figura 22, organizados em quatro subsistemas: abastecimento de água, pressurização, válvula de governo e alarme e distribuição.

Figura 21 - Chuveiros automáticos



Fonte: SEITO *et al*, 2007.

Figura 22 -Elementos do sistema de chuveiros automáticos



Fonte: GOIÁS, 2014a.

2.5.13 Sistema de proteção contra descargas atmosféricas (SPDA)

A NBR 5419 (ABNT, 2005) – Proteção de estruturas contra descargas atmosféricas – define os sistemas de proteção contra descargas atmosféricas (SPDA) como dispositivos instalados nos pontos mais altos das instalações e estruturas, que proporcionam um caminho

para corrente criada pela descarga atmosférica fluir em direção a terra, sem danificar equipamentos ou estruturas, além de proteger as pessoas dentro da instalação.

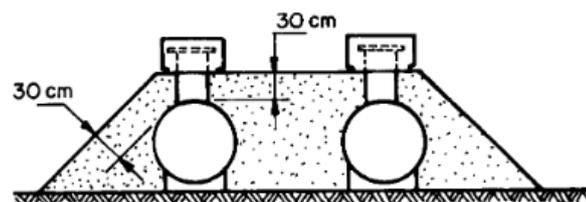
Além disso a NBR 5419 (ABNT, 2005) regulamenta o projeto, execução e instalação do SPDA, de acordo com o tipo e porte da edificação. Possui como elementos: os captadores, condutores de descida e sistema de aterramento.

2.5.14 Central de Gás

Segundo NBR 13523 (ABNT, 1995) – Central predial de gás liquefeito de petróleo – estabelece condições mínimas de montagem, localização e segurança das centrais de gás liquefeito de petróleo (GLP), para instalações prediais residenciais ou comerciais, contendo os recipientes e acessórios, destinados ao armazenamento de GLP, sendo aplicável às instalações onde o gás liquefeito de petróleo é conduzido por um sistema de tubulações e acessórios desde os recipientes de GLP até o primeiro regulador de pressão.

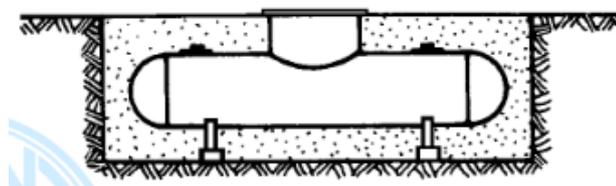
A área destinada para a central de GLP deve constar na planta baixa do projeto, indicando a quantidade, a disposição e a capacidade volumétrica dos recipientes de armazenagem, a forma de abastecimento e seu detalhamento, devendo ser aterrada (Figura 23) ou subterrânea (Figura 24), pois o GPL não pode ser canalizado em fase líquida no interior das edificações.

Figura 23 - Central aterrada com recipientes instalados sob talude



Fonte: ABNT, 1995.

Figura 24 - Recipiente enterrado



Fonte: ABNT, 1995.

2.5.15 Brigada de incêndio

A NT 02 (GOIÁS, 2014a) diz que os ocupantes da edificação devem estar aptos a enfrentar uma situação de incêndio, seja manuseando os equipamentos de proteção contra incêndio ou abandonando o local de maneira rápida e ordenada. Assim, a brigada de incêndio é constituída de grupos de pessoas treinadas para atuar na prevenção e combate de incêndios, prestando os primeiros socorros e evacuando os ambientes. Os grupos pertencentes à brigada de incêndio devem ser previamente treinados, organizados e capacitados dentro de uma organização, empresa ou estabelecimento para realizar o atendimento em emergências.

A NBR 14276 (ABNT, 1999b) – Brigada de incêndio – requisito – define que seja designado um grupo de pessoas, voluntárias ou não, treinadas e capacitadas para exercer atividades de prevenção, abandono e combate ao fogo descontrolado e prestar os primeiros socorros, para todas as áreas industriais e/ou de manufaturas. Segundo a NR 23 (BRASIL, 2011), que aponta as diretrizes de proteção contra incêndios, todas as empresas devem ter: proteção contra incêndio; saídas de emergência adequadas; equipamentos para combater o foco de incêndio; e pessoas treinadas para manuseio correto dos equipamentos.

2.5.16 Planta de risco

De acordo com a NT 02 (GOIÁS, 2014a), é imprescindível desviar-se de todo e qualquer obstáculo que possa vir a gerar uma perda de tempo quando os bombeiros chegam à localidade tomada pelas chamas, assim, é fundamental a existir, em todas as entradas do edifício, plantas com informações cabíveis ao combate de incêndio, como exemplo:

- ruas de acesso;
- saídas, escadas, corredores e elevadores de emergência;
- válvulas de controle de gás e outros combustíveis;
- pontos de saída de fumaça;
- localização de produtos químicos perigosos;
- sistema de hidrantes e chuveiros automáticos, com respectivas válvulas de controle;
- painéis de sinalização e alarme de incêndio; e
- extintores.

2.6 PROBLEMAS E ACIDENTES

Fagundes (2013) afirma que o início de um incêndio em uma edificação, deve-se ter à concorrência simultânea e fundamental de uma fonte de calor, de um combustível e de um componente humano. O componente humano passa a ser fundamental neste evento, podendo ser encontrado através de falhas no projeto e/ou execução de instalações, bem como pela negligência comportamental na ocupação da edificação.

Assim sendo, pode-se classificar as causas de um incêndio das seguintes formas (FAGUNDES, 2013):

- Causas Naturais: não dependem da vontade do homem, ocorrem naturalmente através dos fenômenos naturais, tais como raios, vulcões, terremotos, calor solar, desabamentos, combustão espontânea, entre outros; cujo controle foge dos procedimentos preventivos;
- Causas humanas (culposas e criminosas): A causa humana culposa é causada pela ação direta do homem por negligência, imprudência ou imperícia. Já a causa criminosa se identifica quando o homem, por motivos psicológicos e materiais, voluntariamente, provoca um incêndio ou explosão, o chamado de incendiário. Vários são os motivos que levam um homem a provocar um incêndio: vingança, motivos financeiros, destruição de documentos, ocultação de crimes ou, até mesmo, de se emocionar com o espetáculo apresentado pelos fogos de artifícios e balões;
- Causas acidentais (elétricas, mecânicas, químicas): Ocorrem de maneiras muito variadas, devido as falhas ocasionais, mesmo que o homem tenha tomado às devidas precauções para que isso não ocorra, entretanto, devido a inúmeros fatores independentes da sua vontade, elas acontecem. Causas industriais: o risco de incêndios industriais vem aumentando devido à utilização de novos materiais e projetos de edificações, além do grande consumo de energia, onde uma das fontes de energia é a calorífica.

Existem maneiras simples e que são capazes de evitar problemas com o fogo, como por exemplo: evitar sobrecarga de tomadas elétricas; verificar a proximidade de lâmpadas em relação a materiais inflamáveis; manter lareiras limpas e protegidas com uma tela; não esquecer cigarros acesos, sem atenção, sobre móveis, e nunca fumar na cama; não puxar extensões elétricas sobre tapetes; não instalar cortinas e armários sobre o fogão; e se usar gás de botijão,

coloque de preferência fora da cozinha, em um lugar bem ventilado. Enfim, esses são apenas alguns exemplos dentre inúmeros que ajudam a prevenir os incêndios.

"O Brasil não tem uma cultura de prevenção e proteção contra incêndios e, por isso, tragédias que destroem edifícios históricos, ou deixam dezenas de mortos tendem a se repetir no país", afirma Brentano (2007), por isso é importante se conscientizar e tomar sempre todas as medidas preventivas possíveis afim de diminuir esse alto índice de acidentes com fogo..

Além disso, é importante que seja realizada a fiscalização e a vistoria pelos órgãos competentes, uma vez que os incidentes são causados, muitas vezes, por uma superlotação de ocupantes, por negligência humana, por deficiências estruturais ou por uso inadequado de equipamentos. "A lei nacional é genérica e cada Estado tem suas regras específicas. A questão é aplicar a legislação", diz Brentano (2007).

Os acidentes envolvendo fogo são potencialmente muito perigosos e todos devem tentar preveni-los. As famílias devem conhecer as regras de prevenção de incêndios, ensinar seus filhos sobre como proceder em caso de fogo e dispor de equipamentos de proteção.

O problema se agrava porque prevenção de incêndios só se tornou disciplina obrigatória na maioria das faculdades e universidades de engenharia e arquitetura recentemente. Ou seja, não há muitos profissionais especializados na área. A Lei nº 13.425 de 30 de março de 2017 (BRASIL, 2017), da Casa Civil, exige que a cadeira seja incluída na grade, mas poucas universidades já mudaram o currículo, conforme Art. 8 que diz:

Os cursos de graduação em Engenharia e Arquitetura em funcionamento no País, em universidades e organizações de ensino públicas e privadas, bem como os cursos de tecnologia e de ensino médio correlatos, incluirão nas disciplinas ministradas conteúdo relativo à prevenção e ao combate a incêndio e a desastres (BRASIL, 2017).

Temos assim, no Brasil, um cenário onde as principais causas de incidentes estão ligadas à falta de manutenção preventiva dos sistemas de detecção de incêndio, à qualidade dos equipamentos, aos materiais utilizados em obras, à projetos mal elaborados, à ausência de informações na formação dos profissionais que atuam na área de engenharia e à negligências comportamentais humanas.

3 ESTUDO DE CASO

A metodologia aplicada a este trabalho foi baseada na pesquisa bibliográfica e documental acerca do tema, com base nas legislações aplicadas à segurança contra incêndio do estado de Goiás, bem como consulta a artigos e livros de diversos autores. Assim como a aplicação de um estudo de caso com o intuito de dimensionar e realizar um projeto de instalações de incêndio de um edifício comercial.

Para oferecer o embasamento teórico necessário para o desenvolvimento da proposta sugerida pelo Trabalho de Conclusão de Curso, primeiramente foi realizado o levantamento do material através de pesquisa bibliográfica, segundo Junior (2014, p.49), a pesquisa bibliográfica “é o tipo de pesquisa na qual o pesquisador busca fontes impressas ou eletrônicas (CD e/ ou Internet), ou na literatura cinza, as informações que necessita para desenvolver uma determinada teoria.”

Pensando nisso, inicialmente foi apresentado uma revisão bibliográfica acerca dos conceitos do fogo, em seguida versa sobre questões de legislações existentes e importância dos sistemas de prevenção ao incêndio. Posteriormente, abordou-se o sistema predial de incêndio, detalhando os principais sistemas de proteção, prevenção e combate ao incêndio que são exigidos para a segurança de um edifício e elucidada-se os problemas e acidentes.

3.1 LEGISLAÇÃO

Além do material levantado através de bibliografia foi utilizada como base as legislações aplicadas a segurança contra incêndio.

Sendo assim, a NBR 13.714 (ABNT, 2000) - Sistemas de hidrantes e de mangotinhos para combate a incêndio oferece de forma padronizada e geral as condições mínimas exigíveis para dimensionamento, instalação, manutenção, aceitação e manuseio, bem como as características, dos componentes de sistemas de hidrantes e de mangotinhos para uso exclusivo de combate a incêndio cujo dimensionamento será compatível ao utilizado pelo Corpo de Bombeiros local.

Enquanto isso, a NBR 10.897 (ABNT, 2014) - Proteção contra incêndio por chuveiro Automático tem o objetivo de fixar de forma geral e padronizada as condições mínimas exigíveis para projeto, cálculo e instalação de sistemas hidráulicos de proteção contra incêndio,

por chuveiros automáticos para edificações, bem como determina as dimensões e adequação dos abastecimentos de água para o suprimento exclusivo destes sistemas.

Segundo Brentano (2007) os estados brasileiros já possuem legislações próprias de proteção contra incêndio nas edificações que dão orientação sobre os componentes, dimensionamento e detalhamento do projeto. Conforme mencionado, no estado de Goiás, a Assembleia Legislativa do Estado de Goiás, nos termos do art. 10 da Constituição Estadual, decretou e sancionou o Código Estadual de Segurança Contra Incêndio e Pânico (Lei Estadual n. 15.802, de 11 de setembro de 2016), que, juntamente às Normas Técnicas do Corpo de Bombeiros Militar de Goiás (CBMGO), estabelecem as medidas de segurança contra incêndio e pânico nas edificações e áreas de risco, critérios e procedimentos para apresentação de Processo de Segurança Contra Incêndio no CBMGO.

Ora, a Norma Técnica 22 (GOIÁS, 2014) - Sistemas de hidrantes e de mangotinhos para combate a incêndio do CBMGO que fixa as condições necessárias exigíveis para dimensionamento, instalação, manutenção, aceitação e manuseio, bem como as características, dos componentes de sistemas de hidrantes e/ou de mangotinhos para uso exclusivo de Combate a Incêndio em edificações, estabelece os tipos de sistemas de proteção por hidrantes ou mangotinhos e fornece diretrizes para o dimensionamento de acordo com o exigido pelo Corpo de Bombeiros para o estado de Goiás.

Enquanto isso, a Norma Técnica 23 - Sistemas de chuveiros automáticos do CBMGO adequa o texto da norma NBR 10.897 e NBR 13.792 da ABNT, para aplicação na análise e vistoria de projetos e processos submetidos ao Corpo de Bombeiros do Estado de Goiás, atendendo ao previsto no Código Estadual Segurança Contra Incêndio e Pânico (Lei n. 15802, de 11 de setembro de 2006).

Além da NBR 10.897 (ABNT, 2014) e NT 23 (GOIAS, 2014) que tratam dos sistemas de chuveiros automáticos, a NFPA 13 – National Fire Protection Association trata de uma Normalização para a instalação de Sistemas de Sprinklers, por dimensionamento por tabela.

3.2 PROJETO

Com o objetivo de demonstrar de forma prática a proposta sugerida pelo Trabalho de Curso em questão, foi aplicado um estudo de caso com o objetivo de realizar projetos de incêndio segundo as normas vigentes e demonstrar todo processo de dimensionamento e os elementos necessários para execução. Sendo assim, para o estudo de caso foi disponibilizado

dois projetos residenciais para dimensionamento de sistemas de hidrantes e de mangotinhos para combate a incêndio e sistema de chuveiros automáticos.

De posse das normas vigentes relacionadas a incêndio levantadas e citadas acima foi criado um roteiro de dimensionamento descrevendo os passos necessários para confecção do projeto. O roteiro evidenciou o dimensionamento de sistemas de hidrantes e de mangotinhos para combate a incêndio abastecido por reservatório superior e sistema de chuveiros automáticos dimensionado por tabela, respectivamente.

Após a elaboração do roteiro, de posse do memorial descritivo contendo as tubulações, diâmetros, acessórios e os demais componentes necessários para a elaboração dos sistemas de acordo com as legislações foi realizado o projeto, verificados nos Anexos B e C.

Por fim, foi realizado ainda em forma de relatório os resultados, discussões e conclusões sobre o estudo assim como os resultados obtidos com o estudo de caso.

3.3 ROTEIRO DE DIMENSIONAMENTO

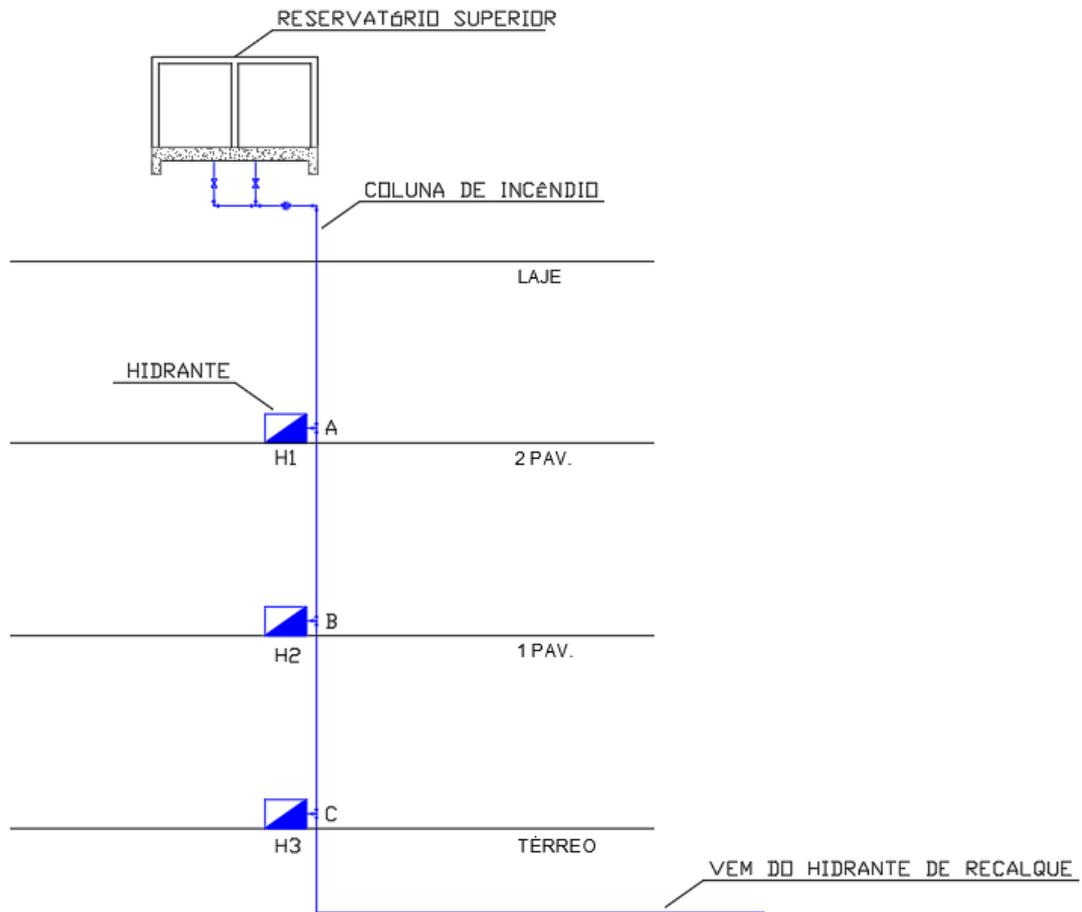
Neste capítulo serão apresentados os roteiros de dimensionamento dos sistemas de hidrantes e de mangotinhos para combate a incêndio abastecido por reservatório superior e dimensionamento de sistema de chuveiros automáticos dimensionado por tabela.

3.3.1 Dimensionamento de sistemas de hidrantes e de mangotinhos para combate a incêndio abastecido por reservatório superior.

No dimensionamento de sistemas de hidrantes e de mangotinhos para combate a incêndio devem constar as tubulações, acessórios e suportes com seus respectivos diâmetros, assim como os demais componentes necessários para a aplicação dos sistemas de acordo com a norma. Para o dimensionamento desse tipo de sistema será considerado o abastecimento por reservatório superior.

Desta forma, para efeito do estudo em questão, foi elaborado um roteiro de dimensionamento do sistema de hidrantes e mangotinhos. A Figura 25 apresenta um corte esquemático elaborado para facilitar o entendimento do roteiro.

Figura 25 – Corte esquemático: sistema de hidrante abastecido por reservatório superior.



Fonte: Autor (2019)

Segundo Brentano (2007) os sistemas de hidrantes e de mangotinhos para combate a incêndio abastecidos por reservatório superior com abastecimento por gravidade são utilizados com ou sem o reforço de bombas.

Vale resaltar ainda, que para efeito de cálculo deve ser considerado que em cada pavimento será instalado somente um hidrante ou mangotinho com saída de água e que o dimensionamento deve ser feito de forma que possa ser usados dois hidrantes simultaneamente.

1º) Especificações normativas:

A NBR 13.714 (ABNT, 2000) - Sistemas de hidrantes e de mangotinhos para combate a incêndio prevê as condições mínimas exigíveis para dimensionamento, instalação, manutenção, aceitação e manuseio, bem como as características, dos componentes de sistemas

de hidrantes e de mangotinhos para uso exclusivo de combate a incêndio cujo dimensionamento será compatível ao utilizado pelo Corpo de Bombeiros local.

Ora, a Norma Técnica 22 (GOIÁS, 2014) - Sistemas de hidrantes e de mangotinhos para combate a incêndio do CBMGO que fixa as condições necessárias exigíveis para dimensionamento, instalação, manutenção, aceitação e manuseio, bem como as características, dos componentes de sistemas de hidrantes e/ou de mangotinhos para uso exclusivo de Combate a Incêndio em edificações, estabelece os tipos de sistemas de proteção por hidrantes ou mangotinhos e fornece diretrizes para o dimensionamento de acordo com o exigido pelo Corpo de Bombeiros para o estado de Goiás.

2º) Classe de risco:

Primeiramente a edificação deve ser classificada de acordo com a área construída e da ocupação e aplicabilidade do sistema conforme a classe de risco de ocupação conforme o Quadro 8.

Quadro 8 - Aplicabilidade dos tipos de sistemas e volume de reserva de incêndio mínima (m³)

(continua)

| ÁREAS DAS EDIFICAÇÕES E ÁREAS DE RISCO | CLASSIFICAÇÃO DAS EDIFICAÇÕES E ÁREAS DE RISCO | | | | |
|--|--|--|--|---|---------------------------------|
| | A-2, A-3; C-1; D-1 e D-3 (até 300 MJ/m ²); D-2 e D-4; 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; F-2, F-3, F-4, F-8; G-1, G-2, G-3, G-4; H1, H-2, H-3, H-5, H-6; I-1; J-1, J-2; M-3. | B-1, B-2; C-2 (acima de 300 até 1000 MJ/m ²); C-3; D-1 (acima de 300 MJ/m ²); D-3 (acima de 300 MJ/m ²); F-1 (acima de 300 MJ/m ²); F-5, F-6, F-7, F-9, F-10; H-4; I-2 (acima de 300 até 800 MJ/m ²); J-3 (acima de 300 até 800 MJ/m ²). | C-2 (acima de 1000 MJ/m ²); I-2 (acima de 800 MJ/m ²); J-3 (acima de 800 MJ/m ²); L-1; M-1 e M-10. | G-5, G-6; I-3; J-4; L-2 e L-3. | |
| Até 2.500 m ² | Tipo 1 RTI 5 m ³ | Tipo 2 RTI 8 m ³ | Tipo 3 RTI 12 m ³ | Tipo 4 RTI 28 m ³ | Tipo 4 RTI 32 m ³ |
| Acima de 2.500 m ² até 5.000 m ² | Tipo 1 RTI 8 m ³ | Tipo 2 RTI 12 m ³ | Tipo 3 RTI 18 m ³ | Tipo 4 RTI 32 m ³ | Tipo 4 RTI 48 m ³ |
| Acima de 5.000 m ² até 10.000 m ² | Tipo 1 RTI 12 m ³ | Tipo 2 RTI 18 m ³ | Tipo 3 RTI 25 m ³ | Tipo 4 RTI 48 m ³ | Tipo 5 RTI 64 m ³ |

Quadro 8 - Aplicabilidade dos tipos de sistemas e volume de reserva de incêndio mínima (m³)

(conclusão)

| | | | | | |
|--|---------------------------------|---------------------------------|---------------------------------|----------------------------------|----------------------------------|
| Acima de 10.000 m ² até 20.000 m ² | Tipo 1 RTI 18 m ³ | Tipo 2 RTI 25 m ³ | Tipo 3 RTI 35 m ³ | Tipo 4 RTI 64 m ³ | Tipo 5 RTI 96 m ³ |
| Acima de 20.000 m ² até 50.000 m ² | Tipo 1 RTI 25 m ³ | Tipo 2 RTI 35 m ³ | Tipo 3 RTI 48 m ³ | Tipo 4 RTI 96 m ³ | Tipo 5 RTI 120 m ³ |
| Acima de 50.000 m ² | Tipo 1 RTI 35 m ³ | Tipo 2 RTI 48 m ³ | Tipo 3 RTI 70 m ³ | Tipo 4 RTI 120 m ³ | Tipo 5 RTI 180 m ³ |

Fonte: GOIÁS, 2014. (adaptado.)

As áreas das edificações e áreas de risco do quadro acima são dadas de acordo com a classificação das edificações fornecida na NBR 13.714 (ABNT, 2000), conforme o Quadro 5 - Classificação das edificações quanto à sua ocupação.

3º) Sistema a ser adotado:

A partir da área construída e da ocupação especificados no Quadro 8, os sistemas de combate a incêndio serão classificados em sistema tipo 1, mangotinhos, e sistemas tipo 2, 3, 4 e 5 hidrantes, conforme especificado no Quadro 9.

Essa classificação fornece de acordo com o tipo de sistema escolhido o diâmetro do esguicho regulável, diâmetro e comprimento das mangueiras de incêndio, número de expedições, vazão mínima na válvula do hidrante mais desfavorável e pressão mínima hidrante mais desfavorável.

Quadro 9 - Tipos de sistemas de proteção por hidrante ou mangotinho

| TIPO | ESGUICHO REGULÁVEL (DN) | MANGUEIRAS DE INCÊNDIO | | NÚMERO DE EXPEDIÇÕES | VAZÃO MÍNIMA NA VÁLVULA DO HIDRANTE MAIS DESFAVORÁVEL (L/min) | PRESSÃO MÍNIMA NO HIDRANTE MAIS DESFAVORÁVEL (mca) |
|------|-------------------------|------------------------|-----------------|----------------------|---|--|
| | | DN (mm) | COMPRIMENTO (m) | | | |
| 1 | 25 | 25 | 30 | Simple | 100 | 80 |
| 2 | 40 | 40 | 30 | Simple | 150 | 30 |
| 3 | 40 | 40 | 30 | Simple | 200 | 40 |
| 4 | 40 | 40 | 30 | Simple | 300 | 65 |
| | 65 | 65 | 30 | Simple | 300 | 30 |
| 5 | 65 | 65 | 30 | Duplo | 600 | 60 |

Fonte: GOIÁS, 2014. (adaptado.)

Assim como os tipos de sistemas de proteção por hidrante ou mangotinho os componentes para sistema estão previstos também por tabela prevista na NT 22 (GOIÁS, 2014) e são estabelecidos de acordo com o tipo de sistema adotado, conforme Quadro 10.

Quadro 10 - Os componentes para cada hidrante ou mangotinho

| MATERIAIS | TIPOS DE SISTEMAS | | | | |
|--------------------------------------|-------------------|---|-------------------|-------------------|-------------------|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| ABRIGO (S) | Opcional | Sim | Sim | Sim | Sim |
| MANGUEIRAS DE INCÊNDIO | Não | Tipo 1 (Residencial) ou Tipo 2 (Demais ocupações) | Tipo 2, 3, 4 ou 5 | Tipo 2, 3, 4 ou 5 | Tipo 2, 3, 4 ou 5 |
| CHAVAS PARA HIDRANTES, ENGATE RÁPIDO | Não | Sim | Sim | Sim | Sim |
| ESGUICHO (S) | Sim | Sim | Sim | Sim | Sim |
| MANGUEIRA | Sim | Não | Não | Não | Não |

Fonte: GOIÁS, 2014. (adaptado.)

4º) Lançamento da rede:

Escolha da posição de lançamento das colunas e caixas de incêndio. A posição deverá ser compatibilizada de acordo com os projetos Arquitetônico e Estrutural da edificação.

5º) Vazão e pressão mínimas no hidrante mais desfavorável ($H1$) - P_{H1} :

É considerado como hidrante mais desfavorável os hidrantes localizados nos dois pavimentos mais elevados da edificação.

As Vazões mínimas no hidrante mais desfavorável são dadas pela NBR 13.714 (ABNT,2014), entretanto a NBR em referência não estabelece as pressões residuais ou dinâmicas mínimas para os hidrantes e mangotinhos.

Contudo, a NT 22 (GOIAS, 2014) disponibiliza esses dados quando estabelecido o tipo de sistema de proteção por hidrante ou mangotinho, conforme o Quadro 9, mencionado no 3º passo.

Ainda assim a pressão residual ou dinâmica mínima pode ser calculada pela equação 1:

$$P_{H1} = \frac{Q_{H1}^2}{K^2} \quad (1)$$

Onde: P_{H1} : Pressão residual ou dinâmica no hidrante 1 (mca)

Q_{H1} : vazão no hidrante H1 (l/mim)

K : fator de vazão do esguicho (l/mim . mca^{-1/2})

6º) Diâmetro do ramal e alimentação do hidrante mais desfavorável (H1):

A NBR 13.714 (ABNT, 2000) estabelece que a tubulação para sistemas de hidrantes deve ter no mínimo diâmetro nominal de DN65 (2½"), e para sistemas de mangotinho poderá ser utilizada tubulação com diâmetro nominal DN50 (2").

A norma ainda estabelece que deve comprovado tecnicamente o desempenho hidráulico dos componentes e do sistema, uma vez que, a velocidade máxima da água no tubo de sucção é 4 m/s, e a velocidade máxima da água na tubulação não deve ser superior a 5 m/s.

Essa verificação pode ser feita através da equação 2:

$$v = \frac{Q}{A} \quad (2)$$

Onde: v : é a velocidade da água, em metros por segundo;

Q : é a vazão de água, em metros cúbicos por segundo;

A : é a área interna da tubulação, em metros quadrados, dada pela equação 3:

$$A = \frac{\pi \cdot D^2}{4} \quad (3)$$

Para o cálculo da velocidade da água a NT 22 (GOIÁS, 2014) estabelece alguns critérios:

- A velocidade da água no tubo de sucção das bombas de incêndio não deve ser superior a 2 m/s (sucção negativa) ou 3 m/s (sucção positiva);
- Para o cálculo da área deve ser considerado o diâmetro interno da tubulação;
- A velocidade máxima da água na tubulação não deve ser superior a 5 m/s.

7º) Perda de carga no ramal do hidrante mais desfavorável (H1) - hp_{A1} :

Estabelecido o tipo de sistema que será utilizado, e os componentes que serão empregados será calculada a perda de carga nas no ramal do hidrante mais desfavorável (H1), dado pela fórmula 4.

$$hp_{A1} = hp_C + hp_V + hp_m + hp_{esg} \quad (4)$$

Onde: hp_A : perda de carga no ramal de alimentação do hidrante H1 (m);

hp_C : perda de carga no segmento de canalização (m);

hp_V : perda de carga na válvula angular (m);

hp_m : perda de carga na mangueira de hidrante (m);

hp_{esg} : perda de carga no esguicho (m);

7.1) Perda de carga no segmento da canalização do ramal:

A perda de carga no segmento da canalização do ramal é dada pela equação 5, enquanto a perda de carga na canalização do ramal é dada pela equação 6.

$$hp_C = (ln_C + le_C) \cdot J_C \quad (5)$$

Onde: hp_C : perda de carga no segmento de canalização do ramal (m);

J_C : perda de carga na canalização do ramal (m)

ln_C : comprimento linear da canalização (m)

le_C : comprimento equivalente da canalização (m)

$$J_C = 10,65 \cdot Q_{H1}^{1,85} \cdot C^{-1,85} \cdot D^{-4,87} \quad (6)$$

Onde: J : é a perda de carga por atrito (m/m)

Q : é a vazão (l/m)

C : é o fator de Hazen Willians;

D : é o diâmetro interno do tubo em milímetros.

Os valores de C, fator de Hazen Willians, são válidos para tubos novos e é dado pela Tabela 11.

Tabela 11 - Fator C de Hazem Willians

| 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 |

Fonte: GOIÁS, 2014 (adaptada.)

7.2) Perda de carga na válvula angular:

A perda de carga na válvula angular é calculada pela equação 7.

$$h_{p_v} = K \cdot \frac{V_v^2}{2g} \quad (7)$$

Onde: h_{p_v} : perda de carga na válvula angular (m);

V_v : velocidade na válvula angular (m/s), dada pela equação 8.

$$V = \frac{Q}{A} \quad (8)$$

K: coeficiente próprio da singularidade, valor tabulado, adimensional.

g: aceleração da gravidade: 9,81 m/s²

7.3) Perda de carga na mangueira de hidrante:

A perda de carga na mangueira de hidrante é calculada pela equação 9.

$$hp_m = 10,65 \cdot Q_{HI}^{1,85} \cdot l_m \cdot C^{-1,85} \cdot D_m^{-4,87} \quad (9)$$

Onde: hp_m : perda de carga na mangueira de hidrante (m)

Q_{HI} : vazão do hidrante H1 (m³/s)

l_m : comprimento da mangueira de hidrante (m)

C : coeficiente de atrito de Hazem Williams: Tabela 11 - Fator C de Hazem Williams

D_m : c diâmetro interno da mangueira (m)

7.4) Perda de carga no esguicho:

A perda de carga no esguicho é dada pela equação 10.

$$hp_{esg} = k \cdot \frac{v_{esg}^2}{2g} \quad (10)$$

Onde: hp_{esg} : perda de carga no esguicho (m)

v_{esg} : velocidade na saída do esguicho (m/s)

k : coeficiente próprio de singularidade = 0,10

g : aceleração da gravidade: 9,81 m/s²

8º) Pressão da conexão do ramal com a coluna de incêndio (ponto A) - p_A :

O ponto A, corresponde a ligação do ramal do hidrante H1 a colune de incendio, essa pressão no ponto A é calculada pela equação 11.

$$p_A = p_{H1} + hp_{A1} \quad (11)$$

9º) Coeficiente de descarga na conexão do ramal com a coluna de incêndio – K :

O coeficiente de descarga na conexão do ramal com a coluna de incêndio é calculado pela equação 12.

$$K_A = \frac{Q_{H1}}{\sqrt{p_A}} \quad (12)$$

Onde: Q_{H1} : vazão do hidrante H1 (l/mim)

p_A : pressão no ponto A1 (kpa ou mca)

10º) Pressão no ponto B:

A pressão no ponto B é calculada para verificar se esta é suficiente para que a vazão no hidrante H2 seja atendida simultaneamente com o hidrante H1 e é calculada pela equação 13.

$$p_B = p_A + gh_{AB} - hp_{AB} \quad (13)$$

Onde: p_B : pressão no ponto B (m)

p_A : pressão no ponto A (m)

hg_{AB} : desnível entre os pontos A e B (pé direito) (m)

hp_{AB} : perda de carga no trecho (m)

11º) Determinação da vazão no hidrante H2:

Para a determinação da vazão no hidrante H2, utiliza-se a equação 14.

$$Q_{H2} = K_A \cdot \sqrt{P_B} \quad (14)$$

12º) Perda de carga no trecho Rs-A:

É o calculo da perda de carga do trecho do Reservatório superior até o ramal do hidrante H1 (ponto A). Conforme mencionado, o dimensionamento é feito de modo que sejam

atendidos simultaneamente dois hidrantes (H1 + H2), desta forma, é feita a soma da vazão referente aos dois trechos. Essa perda de carga entre os trechos é calculada pela equação 15.

$$Q_{RS-A} = Q_{H1} + Q_{H2} \quad (15)$$

Sendo assim, a perda de carga no trecho que vai do Reservatório superior até o ponto A é dado pela equação 16.

$$hp_{RS-A} = (ln_{RS-A} + le_{RS-A}) \cdot J_{RS-A} \quad (16)$$

Onde: hp_{RS-A} : perda de carga no trecho de canalização Rs-A (m)

ln_{RS-A} : somatório dos segmentos retos de canalização do trecho Rs-A (m)

le_{RS-A} : somatório dos comprimentos equivalentes do trecho Rs-A (m)

J_{RS-A} : perda de carga unitária no trecho Rs-A (m/m)

Para o cálculo da perda de carga unitária no trecho Rs-A, adota-se para o trecho um diâmetro imediatamente superior ao do ramal do hidrante H1 ou da coluna de incêndio, dada pela equação 17.

$$J_{RS-A} = 10,65 \cdot Q_{RS-A}^{1,85} \cdot C^{-1,85} \cdot d_{RS-A}^{-4,87} \quad (17)$$

Onde: C : coeficiente de atrito de Hazem Willians: Tabela 11 - Fator C de Hazem Willians

d_{RS-A} : diâmetro interno da canalização do trecho Rs-A (m)

13º) Altura mínima do reservatório superior Rs-A:

É a altura do fundo do Reservatório superior até ponto A, onde esta localizado o hidrante mais desfavorável (H), dada pela equação 18.

$$h_{mim} = p_A + hp_{RS-A} \quad (18)$$

Onde: h_{mim} : desnível mínimo necessário entre o reservatório superior e o hidrante mais desfavorável para se obter a vazão mínima (m)

p_A : pressão no ponto A (m)

hp_{RS-A} : perda de carga no trecho Rs-A (m)

Se $hg_{RS-A} \geq h_{mim}$ a altura do Reservatório superior é suficiente para atender a vazão mínima exigida pelo hidrante mais desfavorável.

Se $hg_{RS-A} \leq h_{mim}$ a altura do Reservatório superior é insuficiente. Neste caso deve-se aumentar a pressão nos hidrantes mais desfavoráveis ou elevar o reservatório superior a uma altura necessária que os hidrantes mais desfavoráveis funcionem. Essa altura que deve ser aumentada é dada pela equação 19.

$$h_{elev} = h_{mim} - hg_{RS-A} \quad (19)$$

Onde: h_{elev} : altura que o reservatório deve ser elevado além do desnível já existente (m)

14º) *Altura manométrica total e seleção da bomba:*

A altura manométrica total é calculada pela equação 20.

$$hm = h_{elev} = p_A + hp_{RS-A} - hg_{RS-A} \quad (20)$$

15º) *Vazão nos dois hidrantes mais favoráveis da instalação:*

Quanto mais próximos os hidrantes estiverem ao pavimento térreo maior será a vazão. Isso significa que a medida em que a coluna de incêndio desce, maior é a pressão e consequentemente, maior a vazão.

Vale resaltar que, caso haja a necessidade de bombas para alimentar os hidrantes mais desfavoráveis, não há a necessidade de bombas de pressurização. Logo, é dispensável o cálculo do passo 15.

15.1) *Vazão no hidrante Hx*

A vazão no hidrante Hx é calculada pela equação 21.

$$p'_x = p'_g + hg_{G-X} - hp'_{G-X} \quad (21)$$

Onde: $p'x$: pressão no ponto X (m)

$p'g$: pressão no ponto G, considerando a vazão nos hidrantes mais favoráveis (m)

hg_{G-X} : altura geométrica entre os pontos G e X (m)

hp'_{G-X} : perda de carga entre os pontos G e X (m)

15.2) Pressão no Ponto G:

A pressão no ponto G é dada pela equação 22.

$$P'G = hg_{RS-G} + hp'_{RS-G} \quad (22)$$

Onde: $P'G$: pressão no ponto G, considerando as vazões nos hidrantes mais favoráveis (m)

hg_{RS-G} : altura geométrica ou desnível entre os pontos Rs e G (m);

hp'_{RS-G} : perda de carga entre os pontos Rs e G, considerando as vazões nos hidrantes mais favoráveis (m);

15.3) Altura geométrica entre G e X

Obtida através do corte no projeto.

15.4) Perda de carga do trecho G

A perda de carga no trecho G é dada pela equação 23.

$$Q_{Hx} = K_A \cdot \sqrt{p_x} \quad (23)$$

15.5) Vazão no hidrante Hy

A vazão no hidrante Hy é dada respectivamente pelas equações 24 e 25.

$$p'y = p'x + hg_{X-Y} - hp'_{X-Y} \quad (24)$$

$$Q'_{HY} = K_A \cdot \sqrt{P'_Y} \quad (25)$$

16º) Verificação do diâmetro adotado para a coluna de incêndio

16.1) Vazão máxima na coluna de incêndio:

A vazão máxima na coluna de incêndio é dada pela equação 26.

$$Q'_{CI} = Q'_{HX} + Q'_{HY} \quad (26)$$

16.2) Velocidade máxima da água na coluna de incêndio:

O cálculo da velocidade máxima da água na coluna de incêndio é dado pela equação 27.

$$V'_{CI} = \frac{Q'_{CI}}{A_{CI}} \quad (27)$$

Onde: V'_{CI} : velocidade máxima da água na coluna de incêndio considerando as vazões nos hidrantes mais favoráveis (m/s);

Q'_{CI} : vazão máxima de água na coluna de incêndio considerando as vazões mais favoráveis (m³/s);

A_{CI} : área da seção da coluna de incêndio (m);

17º) Volume da reserva técnica de incêndio:

O volume de reserva técnica de incêndio é estabelecido a partir do tipo de sistema escolhido no quadro 8. Entretanto o volume pode ainda ser calculado através da fórmula 28.

$$V_{RTI} = (Q'_{HX} + Q'_{HY}) \cdot T \quad (28)$$

Onde: V'_{RTI} : volume da reserva técnica de incêndio (l ou m³);

T : tempo mínimo de funcionamento do sistema (min ou h);

18º) Memória de Cálculo

Descrever o resultado final dos cálculos realizados. Pode ser feito em forma de tabela.

3.4 DIMENSIONAMENTO DE SISTEMA DE CHUVEIROS AUTOMÁTICOS

O dimensionamento de sistema de chuveiros automáticos pode ser feito por tabelas ou por cálculo hidráulico, para efeito deste estudo o passo-a-passo será feito através do dimensionamento por tabela.

1º) Especificações normativas:

A NBR 10.897 - Proteção contra incêndio por chuveiro Automático fixa as condições mínimas exigíveis para projeto, cálculo e instalação de sistemas hidráulicos de proteção contra incêndio, por chuveiros automáticos para edificações, bem como determina as dimensões e adequação dos abastecimentos de água para o suprimento exclusivo destes sistemas.

Enquanto isso, a Norma Técnica 23 - Sistemas de chuveiros automáticos do CBMGO adequa o texto da norma NBR 10.897 e NBR 13.792 da ABNT, para aplicação na análise e vistoria de projetos/processos submetidos ao Corpo de Bombeiros, atendendo ao previsto no Código Estadual Segurança Contra Incêndio e Pânico (Lei n. 15802, de 11 de setembro de 2006).

Além da NBR 10.897 (ABNT, 2014) e NT 23 (GOIAS, 2014) A NFPA 13 – *National Fire Protection Association* se trata de uma Normalização para a instalação de Sistemas De Sprinklers, por dimensionamento por tabela.

2º) Classificação da classe de risco da ocupação:

A primeira etapa para o dimensionamento do sistema de chuveiros automáticos é a classificação da ocupação da edificação de acordo com a NBR 10.897 (ABNT,2014), conforme Quadro 11.

Quadro 11 – Classificação de ocupações

(continua)

| CLASSIFICAÇÃO | EXEMPLOS |
|----------------------|---|
| Risco leve | Igrejas Clubes Escolas públicas e privadas (1º, 2º e 3º graus) hospitais com ambulatórios, cirurgia e centros de saúde |

Quadro 11 – Classificação de ocupações

(continua)

| | |
|----------------------------|--|
| | <p>hotéis, edifícios residenciais e similares</p> <p>bibliotecas e salas de leituras, exceto salas com prateleiras altas</p> <p>museus</p> <p>asilos e casas de repouso</p> <p>prédios de escritórios, incluindo processamento de dados</p> <p>áreas de refeição em restaurantes, exceto áreas de serviço</p> <p>teatros e auditórios, exceto palcos e proscênios</p> <p>prédios da administração pública</p> |
| Risco ordinário Grupo 1 | <p>estacionamentos de veículos e showrooms</p> <p>padarias</p> <p>fabricação de bebidas (refrigerantes, sucos)</p> <p>fábricas de conservas</p> <p>processamento e fabricação de produtos lácteos</p> <p>fábricas de produtos eletrônicos</p> <p>fabricação de vidro e produtos de vidro</p> <p>lavanderias</p> <p>áreas de serviço de restaurantes</p> |
| Risco ordinário Grupo 2 | <p>moinhos de grãos</p> <p>fábricas de produtos químicos - comuns</p> <p>Confeitarias</p> <p>Destilarias</p> <p>instalações para lavagem a seco</p> <p>fábricas de ração animal</p> <p>estábulo</p> <p>fabricação de produtos de couro</p> <p>bibliotecas - áreas de prateleiras altas</p> <p>áreas de usinagem</p> <p>indústria metalúrgica</p> <p>lojas</p> <p>fábricas de papel e celulose</p> <p>processamento de papel</p> <p>píeres e embarcadouros</p> <p>correios</p> <p>gráficas</p> <p>oficinas mecânicas</p> <p>áreas de aplicação de resinas</p> <p>palcos</p> <p>industrias têxteis</p> <p>fabricação de pneus</p> <p>fabricação de produtos de tabaco</p> <p>processamento de madeira</p> <p>montagem de produtos de madeira</p> |
| | |

Quadro 11 – Classificação de ocupações

(conclusão)

| | |
|---------------------------------|---|
| extraordinário Grupo Risco 1 | hangares áreas de uso de fluídos hidráulicos combustíveis fundições |
| | extrusão de metais fabricação de compresados e aglomerados gráfica (que utilizem tintas com ponto de fulgor menor que 100 °F (38 °C)) recuperação, formulação, secagem, moagem e vulcanização de borracha serrarias processos da indústria têxtil: escolha da matéria-prima, abertura de fardos, elaboração de misturas, batedores, cardagem etc. estofamento de móveis com espumas plásticas |
| Risco extraordinário Grupo 2 | saturação com asfalto aplicação de líquidos inflamáveis por spray pintura por flowcoating manufatura de casas pré-fabricadas ou componentes pré-fabricados para construção (quando a estrutura final estiver presente e tiver interiores combustíveis) tratamento térmico em tanques de óleo abertos processamento de plásticos limpeza com solventes pintura e envernizamento por imersão |

ABNT, 2014. (adaptado.)

3º) Determinação da área máxima de cobertura por chuveiro automático:

A NFPA 13:2019 estabelece as áreas máximas de cobertura para os diversos tipos de chuveiros automáticos, Padrão; Cobertura Estendida (CE); Gotas Grandes (GG) e Extinção Precoce e Resposta Rápida (ESFR).

Vale destacar que a NFPA 13 estabelece o dimensionamento por tabela apenas para os riscos de ocupação Leve e Ordinário que abrange uma área máxima a ser protegida de 465,00m². Para as Classes de risco Extraordinário, o dimensionamento por tabela é permitido apenas para ampliações e modificações. A Tabela 12 demonstra a área máxima de cobertura para cada tipo de chuveiro automático.

Tabela 12 - Área máxima de cobertura para cada tipo de chuveiro automático

| Tipo de chuveiro automático | Área máxima de cobertura (m ²) |
|-----------------------------|--|
| Padrão | 18,6 |
| CE | 37,2 |
| GG | 13,0 |
| ESFR | 9,3 |

Fonte: NFPA, 2019 (Adaptado).

I. Área máxima de cobertura de chuveiros automáticos pendentes ou em pé:

As áreas máximas de cobertura permitidas para os tipos de chuveiros automáticos pendentes ou em pé são consideradas de acordo com a classe de risco e os tipos de material utilizados conforme Tabela 13.

Tabela 13 - Área máxima de cobertura de chuveiros automáticos pendentes ou em pé

| Tipo de teto | Tipo de chuveiro | Área máxima de cobertura (m ²) | | |
|--|------------------|--|-----------|----------------|
| | | Classe de risco | | |
| | | Leve | Ordinário | Extraordinário |
| Liso incombustível | Padrão | 18,6 | 12 | 8,4 |
| | CE | 37,2 | 37,2 | - |
| | | 30,2 | 30,2 | - |
| | | 24 | 24 | - |
| | | - | 18,5 | 18,5 |
| | | - | 13,7 | 13,7 |
| | GG | 12 | 12 | 12 |
| ESFR | 9,3 | 9,3 | 9,3 | |
| Com obstrução, incombustível | Padrão | 18,6 | 12 | 8,4 |
| | CE | 37,2 | 37,2 | - |
| | | 30,2 | 30,2 | - |
| | | 24 | 24 | - |
| | | - | 18,5 | 18,5 |
| | | - | 13,7 | 13,7 |
| | GG | 12 | 12 | 12 |
| ESFR | 9,3 | 9,3 | 9,3 | |
| Liso combustível | Padrão | 18,6 | 12 | 8,4 |
| | CE | - | - | - |
| | GG | 12 | 12 | 12 |
| | ESFR | 9,3 | 9,3 | 9,3 |
| Com obstrução, combustível | Padrão | 15,6 | 12 | 8,4 |
| | CE | - | - | - |
| | GG | 9,3 | 9,3 | 9,3 |
| | ESFR | - | - | - |
| Combustível com elementos estruturais distanciados a menos de 90cm | Padrão | 12 | 12 | 8,4 |
| | CE | - | - | - |
| | GG | 9,3 | 9,3 | 9,3 |
| | ESFR | - | - | - |

Fonte: NFPA, 2019 (Adaptado).

II. Chuveiros automáticos laterais:

De acordo com a NFPA 13 (2019) os chuveiros automáticos laterais só devem ser utilizados em ocupações de Classe de riscos Leve e Ordinário, e só podem seguir os tipos Padrão e Cobertura Estendida (CE), conforme Tabela 14.

Tabela 14 - Área máxima de cobertura de chuveiros automáticos laterais

| Tipo de chuveiro automático | Tipo de teto | Área máxima de cobertura do chuveiro | |
|-----------------------------|---------------------|--------------------------------------|-----------|
| | | Classe de risco | |
| | | Leve | Ordinário |
| Padrão | Liso, combustível | 11,2 | 7,4 |
| | Liso, incombustível | 18,2 | 9,3 |
| CE | Liso | 37,2 | 37,2 |

Fonte: NFPA, 2019 (Adaptado).

4º) Determinação dos espaçamentos máximos e mínimos dos chuveiros automáticos:

A NFPA 13 (2019) estabelece os espaçamentos máximos e mínimos entre os chuveiros automáticos.

I. Chuveiros automáticos pendentes ou em pé:

O espaçamento máximo para chuveiros automáticos pendentes ou em pé é estabelecido pela Tabela 15.

Tabela 15 - Espaçamento máximo entre chuveiros automáticos pendente ou em pé

(continua)

| Tipo de teto | Tipo de chuveiro | Espaçamento máximo entre chuveiros (m) | | |
|--------------------|------------------|--|-----------|----------------|
| | | Classe de risco | | |
| | | Leve | Ordinário | Extraordinário |
| Liso incombustível | Padrão | 4,6 | 4,6 | 3,7 |
| | CE | 6,1 | 6,1 | - |
| | | 5,5 | 5,5 | - |
| | | 4,9 | 4,9 | - |
| | | - | 4,3 | 4,3 |
| | | - | 3,7 | 3,7 |
| | GG | 3,7 | 3,7 | 3,7 |
| ESFR | 3,7 | 3,7 | 3,7 | |

Tabela 15 - Espaçamento máximo entre chuveiros automáticos pendente ou em pé

| | | (conclusão) | | |
|---|--------|-------------|-----|-----|
| Com obstrução, incombustível | Padrão | 4,6 | 4,6 | 3,7 |
| | CE | 6,1 | 6,1 | - |
| | | 5,5 | 5,5 | - |
| | | 4,9 | 4,9 | - |
| | | - | 4,3 | 4,3 |
| | | - | 3,7 | 3,7 |
| | GG | 3,7 | 3,7 | 3,7 |
| ESFR | 3,7 | 3,7 | 3,7 | |
| Liso combustível | Padrão | 4,6 | 4,6 | 3,7 |
| | CE | - | - | - |
| | GG | 3,7 | 3,7 | 3,7 |
| | ESFR | 3,7 | 3,7 | 3,7 |
| Com obstrução, combustível | Padrão | 4,6 | 4,6 | 3,7 |
| | CE | - | - | - |
| | GG | 3,0 | 3,0 | 3,0 |
| | ESFR | - | - | - |
| Combustível com elementos estruturais distanciados a menos de 90cm | Padrão | 4,6 | 4,6 | 3,7 |
| | CE | - | - | - |
| | GG | 3,0 | 3,0 | 3,0 |
| | ESFR | - | - | - |

Fonte: NFPA, 2019 (Adaptado).

Enquanto isso, os espaçamentos mínimos para chuveiros automáticos pendentes ou em pé são estabelecidos pela Tabela 16. Vale ressaltar que se não for possível verificar o espaçamento mínimo, devem ser usados anteparos incombustíveis para que a água de um chuveiro não atinja o outro.

Além disso, o afastamento mínimo das paredes para esse tipo de chuveiro é de 1,0m.

Tabela 16- espaçamentos mínimos para chuveiros automáticos pendentes ou em pé

| Tipo de chuveiro automático | Espaçamento máximo entre chuveiros (m) |
|------------------------------------|---|
| Padrão | 1,80* |
| CE | 2,40 |
| GG | 2,40 |
| ESFR | 2,40 |

Chuveiros localizados entre estantes ou empilhamentos podem ter espaçamentos menores que 1,80m

Fonte: NFPA, 2019 (Adaptado).

II. Chuveiros automáticos laterais:

Conforme mencionado, para os chuveiros automáticos laterais são admitidos os tipos Padrão e Cobertura Estendida (CE), desta forma, o espaçamento máximo para esse tipo de chuveiro é padronizado conforme a Tabela 17.

Tabela 17 – Espaçamento máximo entre chuveiros automáticos laterais.

| Tipo de chuveiro | Tipo de teto | Risco leve | | Risco ordinário | |
|------------------|--|------------------------|--------------------------|------------------------|--------------------------|
| | | Teto liso, combustível | Teto liso, incombustível | Teto liso, combustível | Teto liso, incombustível |
| Padrão | Espaçamento máximo ao longo do ramal na parede | 4,3 | 4,3 | 3,0 | 3,0 |
| CE(**) | | 8,5 | 8,5 | 7,3 | 7,3 |
| Padrão | Distância máxima da parede oposta (*) | 3,7 | 4,3 | 3,0 | 3,0 |
| CE(**) | | 7,3 | 8,5 | 7,3 | 7,3 |

(*) Devem ser instalados chuveiros laterais do tipo Padrão ao longo de duas paredes opostas em salas com vão com largura entre 3,7m e 7,3m para risco leve e entre 3,0 e 6,0 para risco Ordinário.

(**) Devem ser usados chuveiros automáticos de Cobertura Estendida (CE) nas mesmas disposições recomendadas para os chuveiros do tipo padrão em ambientes com larguras maiores que 7,3 m para risco leve e 6,0m para risco Ordinário.

Fonte: NFPA, 2019 (Adaptado).

O espaçamento mínimo para os chuveiros do tipo Padrão deve ser menor ou igual a 1,80m e para o tipo Cobertura Estendida (CE) menor ou igual a 2,40m.

Ora, o afastamento máximo e mínimo das paredes nas quais estão fixados e do teto deve ser no máximo de 15cm e mínimo de 10cm.

5º) Determinação da área a ser protegida:

Nessa etapa é definida a área a ser protegida pelo sistema de chuveiros automáticos. A área do pavimento ou áreas compartilhadas são definidas através do projeto arquitetônico.

6º) Determinação da rede de chuveiros automáticos no ambiente:

Escolha da posição e distribuição da rede de chuveiros automáticos no ambiente e a localização do lançamento da coluna de incêndio. A posição deverá ser compatibilizada de acordo com os projetos Arquitetônico e Estrutural da edificação.

7º) Determinação dos diâmetros dos sub-ramais e ramais:

O dimensionamento por tabelas especificado pela NFPA 13 (2019) define os números máximos de chuveiros automáticos que cada segmento de sub-ramal ou ramal pode atender em relação a classe de risco de ocupação da edificação, material da canalização e diâmetro nominal da canalização.

Sendo assim, o sistema deve ser dimensionado de forma que sejam protegidos e alimentados por uma coluna, definida no 6º passo, ademais os chuveiros automáticos podem ser instalados todos abaixo ou todos acima do teto ou forro falso ou acima e abaixo do teto ou forro falso.

I. Classe de risco leve:

- Todos abaixo ou todos acima do teto ou forro falso:
 - a) Número máximo de chuveiros automáticos que cada diâmetro nominal da canalização pode atender:

Quando os chuveiros automáticos são instalados todos abaixo ou todos acima do teto ou forro falso e são alimentados por somente um sub-ramal ou a mesma rede de sub-ramais, o número máximo de chuveiros automáticos que cada diâmetro nominal da canalização pode atender é estabelecido pela Tabela 18.

Tabela 18 - Número máximo de chuveiros automáticos que cada diâmetro nominal da canalização pode atender:

| Diâmetro nominal mm | Número máximo de chuveiros automáticos na canalização | |
|------------------------|---|-----------------|
| | Cobre | Aço galvanizado |
| 25 | 2 | 2 |
| 32 | 3 | 3 |
| 40 | 5 | 5 |
| 50 | 12 | 10 |
| 65 | 40 | 30 |
| 75 | 65 | 60 |
| 100 | 115 | 100 |

Fonte: NFPA, 2019 (Adaptado).

b) Número máximo de chuveiros automáticos que cada sub-ramal pode atender:

Os sub-ramais devem conter no máximo 8 chuveiros automáticos, de acordo com os diâmetros especificados na Tabela 17 sejam localizados de um só lado, ou em cada lado do ramal. Caso haja a necessidade de manter mais de 8 chuveiros automáticos no sub-ramal, a quantidade pode aumentar para 9, desde que seja obedecida a seguinte regra:

- I. Aço galvanizado: Diâmetros de 25mm e 32 mm respectivamente, nos dois últimos seguimentos;
- II. Cobre: Diâmetros de 25mm, nos dois últimos seguimentos;

Caso ainda haja a necessidade de aumentar a quantidade de chuveiros automáticos no sub-ramal, o número pode aumentar para 10, desde que seja obedecida a seguinte regra:

- I. Aço galvanizado: Diâmetros de 25mm e 32 mm respectivamente, nos dois últimos seguimentos e diâmetro de 65mm no primeiro segmento que liga ao ramal;
- II. Cobre: Diâmetros de 25mm, nos dois últimos seguimentos e diâmetro de 65mm no primeiro segmento que liga ao ramal;

- Acima e abaixo do teto ou forro falso:

a) Número máximo de chuveiros automáticos que cada diâmetro nominal da canalização pode atender:

Quando os chuveiros automáticos são instalados acima e abaixo do teto ou forro falso e são alimentados por somente um sub-ramal ou a mesma rede de sub-ramais, o número máximo de chuveiros automáticos que cada diâmetro nominal da canalização pode atender é estabelecido pela Tabela 19.

Tabela 19 - Número máximo de chuveiros automáticos que cada diâmetro nominal da canalização pode atender

| Diâmetro nominal mm | Número máximo de chuveiros automáticos na canalização | |
|------------------------|---|-----------------|
| | Cobre | Aço galvanizado |
| 25 | 2 | 2 |
| 32 | 4 | 4 |
| 40 | 7 | 7 |
| 50 | 18 | 15 |
| 65 | 65 | 50 |
| 75 | (*) | (*) |

Fonte: NFPA, 2019 (Adaptado).

b) Número máximo de chuveiros automáticos que cada sub-ramal pode atender:

Os sub-ramais devem conter no máximo 8 chuveiros automáticos, de acordo com os diâmetros especificados na Tabela 18 sejam localizados de um só lado, ou em cada lado do ramal.

II. Classe de risco Ordinário

- Todos abaixo ou todos acima do teto ou forro falso:

a) Número máximo de chuveiros automáticos que cada diâmetro nominal da canalização pode atender:

O número máximo de chuveiros automáticos que cada diâmetro nominal da canalização pode atender é determinado de acordo com o espaçamento entre os chuveiros automáticos do sub-ramal ou o espaçamento do sub-ramal e são definidos para espaçamentos menores ou iguais a 3,70m ou espaçamentos maiores que 3,70m.

- Espaçamentos menores ou iguais a 3,70m

Tabela 20 - Número máximo de chuveiros automáticos que cada diâmetro nominal da canalização pode atender: menor ou igual a 3,70m

| Diâmetro nominal | Número máxio de chuveiros automáticos na canalização | |
|------------------|--|-----------------|
| | Cobre | Aço galvanizado |
| mm | | |
| 25 | 2 | 2 |
| 32 | 3 | 3 |
| 40 | 5 | 5 |
| 50 | 12 | 10 |
| 65 | 25 | 20 |
| 75 | 45 | 40 |
| 100 | 115 | 100 |
| 150 | 300 | 275 |
| 200 | (***) | (***) |

Fonte: NFPA, 2019 (Adaptado).

- Espaçamentos maiores que 3,70m

Tabela 21 - Número máximo de chuveiros automáticos que cada diâmetro nominal da canalização pode atender: maior que 3,70m

| Diâmetro nominal | Número máximo de chuveiros automáticos na canalização | |
|-------------------------|--|------------------------|
| | Cobre | Aço galvanizado |
| 25 | 2 | 2 |
| 32 | 3 | 3 |
| 40 | 5 | 5 |
| 50 | 12 | 10 |
| 65 | 20 | 15 |
| 75 | 35 | 30 |
| 100 | 115 | 100 |
| 150 | 300 | 275 |
| 200 | (***) | (***) |

Fonte: NFPA, 2019 (Adaptado).

- b) Número máximo de chuveiros automáticos que cada sub-ramal pode atender:

Os sub-ramais devem conter no máximo 8 chuveiros automáticos, de acordo com os diâmetros especificados nas Tabelas 19 e 20.

- Acima e abaixo do teto ou forro falso:

- a) Número máximo de chuveiros automáticos que cada diâmetro nominal da canalização pode atender:

Tabela 22 - Número máximo de chuveiros automáticos que cada diâmetro nominal da canalização pode atender

(continua)

| Diâmetro nominal | Número máximo de chuveiros automáticos na canalização | |
|-------------------------|--|------------------------|
| | Cobre | Aço galvanizado |
| 25 | 2 | 2 |
| 32 | 4 | 4 |
| 40 | 7 | 7 |
| 50 | 18 | 15 |
| 65 | 40 | 30 |
| 75* | 65 | 60 |

Fonte: NFPA, 2019 (Adaptado).

III. Classe de risco Extraordinário

Conforme mencionado o dimensionamento por tabela para as Classes de risco Extraordinário é permitido apenas para ampliações e modificações, sendo assim o número máximo de chuveiros automáticos que cada diâmetro nominal da canalização pode atender pode ser definido pela Tabela 23.

Tabela 23 - Número máximo de chuveiros automáticos que cada diâmetro nominal da canalização pode atender

| Diâmetro nominal mm | Número máximo de chuveiros automáticos na canalização | |
|------------------------|---|-----------------|
| | Cobre | Aço galvanizado |
| 25 | 1 | 1 |
| 32 | 2 | 2 |
| 40 | 5 | 5 |
| 50 | 8 | 8 |
| 65 | 20 | 15 |
| 75 | 30 | 27 |
| 100 | 65 | 55 |
| 150 | 170 | 150 |

Fonte: NFPA, 2019 (Adaptado).

Enquanto isso, o número máximo de chuveiros automáticos que pode ser instalado no sub-ramal para esse tipo de sistema é 6.

8º) Vazão mínima da instalação

A determinação da vazão mínima da instalação pode ser estabelecida tanto pela NFPA 13 (2019) quanto pela NBR 10.897(ABNT,2014). Entretanto, a NFPA 13 (2019) só estabelece os valores de vazão para edificações classificadas em Risco Leve ou Ordinário, conforme Tabela X. As edificações classificadas em Risco Extraordinário podem ser verificadas através da Tabela 24.

Tabela 24 – Volumes mínimos de reserva técnica de incêndio para sistemas de chuveiros automáticos

| Classe de risco | Vazão mínima da bomba (*) | Tempo mínimo de operação (**) | Volume mínimo do reservatório | Pressão residual mínima (***) |
|-----------------|---------------------------|-------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|
| | l/mim | Mím | m ³ | kPa |
| Leve | 1900-2800 | 30-60 | 57-168 | 100 |
| Ordinária | 3200-5700 | 60-90 | 192-513 | 140 |

Fonte: NFPA, 2019 (Adaptado).

Tabela 25 – Volumes mínimos de reserva técnica de incêndio para sistemas de chuveiros automáticos – NBR 10.897

| Classe de risco | Vazão mínima da bomba | Tempo mínimo de operação | Volume mínimo do reservatório | Pressões residual mínimas (*) |
|-------------------------------|-----------------------|--------------------------|-------------------------------|-------------------------------|
| | l/mim | Mím | m ³ | kPa |
| Leve | 1000 | 30 | 30 | 110 |
| Ordinário (grupo I) | 1800 | 60 | 108 | 110 |
| Ordinário (grupo II) | 2600 | 60 | 156 | 110 |
| Ordinário (**) (grupo III) | 4500 | 60 | 270 | 250 |
| Extraordinário | 6000 | 90 | 540 | 350 |

ABNT, 2014. (adaptado.)

9º) Diâmetro da coluna de incêndio: Canalização de recalque

O diâmetro da coluna de incêndio por dimensionamento por tabela, também é definida através da classe de risco. Para isso é necessário contabilizar o número de chuveiros que serão atendidos num ambiente.

10º) Diâmetro da canalização de sucção

Adotar um diâmetro comercial imediatamente superior ao da canalização de recalque.

11º) Pressão mínima

A pressão mínima do chuveiro automático é calculada pela equação 29.

$$hm_t = p_{VGA} + hg_{VGA-A} + hp_{VGA-A} \quad (29)$$

Onde: hm_t : altura manométrica ou pressão requerida na boma (m)

p_{VGA} : pressão mínima efetiva que se deve ter na válvula de governo e alarme (VGA) (m)

hg_{VGA-A} : altura geométrica entre a VGA e o nível do chuveiro mais elevado (m)

$h_{p_{VGA-A}}$: perda de carga no trajeto que vai da bomba até o chuveiro mais desfavorável (m)

A altura geométrica entre a GVA e o chuveiro é obtida através do corte no projeto.

Para a perda de carga é feita uma estimativa de 30% da pressão efetiva mínima na VGA mais o desnível entre a VGA e o chuveiro mais desfavorável.

12ª) Seleção das bombas de incêndio

Selecionar a bomba de incêndio mais adequada ao projeto dimensionado.

13ª) Determinação do volume da reserva técnica de incêndio

O volume de reserva técnica de incêndio é dado a partir da Tabela 30, demonstrada no passo 8.

4 DIMENSIONAMENTO DO PROJETO

A seguir é feito o dimensionamento dos sistemas de hidrantes e de mangotinhos para combate a incêndio abastecido por reservatório superior e dimensionamento de sistema de chuveiros automáticos dimensionado por tabela das edificações propostas para o estudo de caso.

Posteriormente nos Anexos A e B, respectivamente, poderão ser verificados os projetos do sistema de hidrantes e chuveiros automáticos realizado através do dimensionamento.

4.1 DIMENSIONAMENTO DO HIDRANTE PARA COMBATE A INCÊNDIO ABASTECIDO POR RESERVATÓRIO SUPERIOR.

A edificação utilizada para o dimensionamento trata-se de um prédio residencia de 06 andares, 05 pavimentos tipo mais o térreo. Onde cada pavimento tipo possui 04 apartamentos, conforme detalhamento em anexo.

1º) Especificações normativas:

A NBR 13.714 (ABNT, 2000) - Sistemas de hidrantes e de mangotinhos para combate a incêndio prevê as condições mínimas exigíveis para dimensionamento, instalação, manutenção, aceitação e manuseio, bem como as características, dos componentes de sistemas de hidrantes e de mangotinhos para uso exclusivo de combate a incêndio cujo dimensionamento será compatível ao utilizado pelo Corpo de Bombeiros local.

Ora, a Norma Técnica 22 (GOIÁS, 2014) - Sistemas de hidrantes e de mangotinhos para combate a incêndio do CBMGO que fixa as condições necessárias exigíveis para dimensionamento, instalação, manutenção, aceitação e manuseio, bem como as características, dos componentes de sistemas de hidrantes e/ou de mangotinhos para uso exclusivo de Combate a Incêndio em edificações, estabelece os tipos de sistemas de proteção por hidrantes ou mangotinhos e fornece diretrizes para o dimensionamento de acordo com o exigido pelo Corpo de Bombeiros para o estado de Goiás.

2º) Classe de risco:

A classificação da edificação conforme o Quadro 5 - Classificação das edificações quanto à sua ocupação - é do Grupo A – Residencial, dividida como A-2 - Edifícios de apartamentos em geral.

A área total construída da edificação é de 454,29m², desta forma, segundo o Quadro 08 para área construída de até 2.500 m² e classe de risco Grupo A a edificação pode receber tanto o sistema de mangotinho (Tipo 01) quanto de Hidrante (Tipo 2). Para efeito do estudo será utilizado o sistema de hidrantes (Tipo 2)

3º) Sistema a ser adotado:

De posse do tipo de sistema de proteção a ser utilizado e de acordo com o Quadro 9 obteve-se o diâmetro do esguicho regulável, diâmetro e comprimento das mangueiras de incêndio, número de expedições, vazão mínima na válvula do hidrante mais desfavorável e pressão mínima hidrante mais desfavorável. A tabela 26 demonstra os componentes do sistema de Hidrantes adotados para efeito de cálculo.

Tabela 26 - Componentes do sistema de Hidrantes adotados para efeito de cálculo

| TIPO | ESGUICHO REGULÁVEL (DN) | MANGUEIRAS DE INCÊNDIO | | NÚMERO DE EXPEDIÇÕES | VAZÃO MÍNIMA NA VÁLVULA DO HIDRANTE MAIS DESFAVORÁVEL (L/min) | PRESSÃO MÍNIMA NO HIDRANTE MAIS DESFAVORÁVEL (mca) |
|------|-------------------------|------------------------|-----------------|----------------------|---|--|
| | | DN (mm) | COMPRIMENTO (m) | | | |
| 2 | 40 | 40 | 30 | Simples | 150 | 30 |

Fonte: Autores 2019.

Assim como os tipos de sistemas de proteção por hidrante ou mangotinho os componentes para sistema estão previstos também por tabela prevista na NT 22 (GOIÁS, 2014) e são estabelecidos de acordo com o tipo de sistema adotado. Em conformidade com o quadro 10 os componentes exigidos para o sistema de Hidrantes tipo 2 são abrigo, mangueiras de incêndio, chavas para hidrantes, engate rápido e esguicho.

5º) Vazão e pressão mínimas no hidrante mais desfavorável (H1):

A Vazão mínima no hidrante mais desfavorável e a pressão residual ou dinâmica mínimas para o hidrante Tipo 2 são dadas pela Tabela 27 - Componentes do sistema de Hidrantes estabelecidos no 3º passo.

$$Q_{H1} = 150 \frac{l}{m} = 0,0025 \text{ m}^3/s$$

$$P_{H1} = 30 \text{ mca}$$

6º) Diâmetro do ramal e alimentação do hidrante mais desfavorável (H1):

A NBR 13.714 (ABNT, 2000) estabelece que a tubulação para sistemas de hidrantes deve ter no mínimo diâmetro nominal de DN65 (2½").

A norma ainda estabelece que deve comprovado tecnicamente o desempenho hidráulico dos componentes e do sistema, uma vez que, a velocidade máxima da água no tubo de sucção é 4 m/s, e a velocidade máxima da água na tubulação não deve ser superior a 5 m/s.

Essa verificação pode ser feita através das equações 2 e 3:

$$v = \frac{Q}{A} \quad (2) \quad \text{Onde: } A = \frac{\pi \cdot D^2}{4} \quad (3)$$

$$v = \frac{0,0025}{0,0033} = 0,75 \text{ m/s} \quad A = \frac{\pi \cdot 0,065^2}{4} = 0,0033 \text{ m}^2$$

Desta forma: 0,75 m/s < 5m/s.

Portanto o valor é adequado!

7º) Perda de carga no ramal do hidrante mais desfavorável (H1):

A perda de carga nas no ramal do hidrante mais desfavorável (H1), dado pela fórmula 4.

$$hp_{A1} = hp_C + hp_V + hp_m + hp_{esg} \quad (4)$$

$$hp_{A1} = 0,26 + 1 + 4,48 + 0,020 = 5,76 \text{ mca}$$

Onde: hp_A : perda de carga no ramal de alimentação do hidrante H1 (m);

hp_C : perda de carga no segmento de canalização (m) = 0,26 mca

hp_V : perda de carga na válvula angular (m) 4,48 mca

hp_m : perda de carga na mangueira de hidrante (m) = 1

hp_{esg} : perda de carga no esguicho (m) = 0,020

7.1) Perda de carga no segmento da canalização do ramal:

A perda de carga no segmento da canalização do ramal e a perda de carga na canalização do ramal são calculadas pelas equações 5 e 6 respectivamente.

$$hp_C = (ln_C + le_C) \cdot J_C \quad (5)$$

$$hp_C = (0 + 18,40) \cdot 0,014 = 0,26 \text{ mca}$$

Onde: hp_C : perda de carga no segmento de canalização do ramal (m);

ln_C : comprimento linear da canalização (m) = 0

le_C : comprimento equivalente da canalização (m) = 18,40 m

J_C : perda de carga na canalização do ramal (m) = 0,014 m

$$J_C = 10,65 \cdot Q_{H1}^{1,85} \cdot C^{-1,85} \cdot D^{-4,87} \quad (6)$$

$$J_C = 10,65 \cdot 0,0025^{1,85} \cdot 120^{-1,85} \cdot 0,065^{-4,87} = 0,014 \text{ m}$$

Onde: J_C : é a perda de carga por atrito (m/m)

Q : é a vazão (m³/s) = 0,0025 m³/s

C : é o fator de Hazen Willians: Tabela 11 - Fator C de Hazem Willians = 120

D : é o diâmetro interno do tubo (m) = 0,065m

7.2) Perda de carga na válvula angular:

A perda de carga na válvula angular foi calculada pela expressão 7 e a velocidade na válvula angular pela expressão 8.

$$hp_v = K \cdot \frac{V_v^2}{2g} \quad (7) \quad \text{Onde: } V = \frac{Q}{A} \quad (8)$$

$$hp_v = 5 \cdot \frac{1,99^2}{2 \cdot 9,81} = 1,00 \text{ mca} \quad V = \frac{0,0025}{\frac{\pi \cdot 0,04^2}{4}} = 1,99 \text{ m/s}$$

Onde: hp_v : perda de carga na válvula angular (m);

V_v : velocidade na válvula angular (m/s) = 1,99 m/s

K : coeficiente próprio da singularidade, valor tabulado, adimensional. = 5

g : aceleração da gravidade = 9,81 m/s²

7.3) Perda de carga na mangueira de hidrante:

Calculada a perda de carga na válvula angular, calculou-se a perda de carga na mangueira do hidrante dada pela expressão 9.

$$hp_m = 10,65 \cdot Q_{HI}^{1,85} \cdot l_m \cdot C^{-1,85} \cdot D_m^{-4,87} \quad (9)$$

$$hp_m = 10,65 \cdot 0,0025^{1,85} \cdot 30 \cdot 120^{-1,85} \cdot 0,04^{-4,87} = 4,48 \text{ mca}$$

Onde: hp_m : perda de carga na mangueira de hidrante (m)

Q_{HI} : vazão do hidrante H1 (m³/s) = 0,0025 m³/s

l_m : comprimento da mangueira de hidrante (m) = 30m

C : coeficiente de atrito de Hazem Willians : Tabela 11 - Fator C de Hazem Willians =

D_m : c diâmetro interno da mangueira (m) = 0,065 m

7.4) Perda de carga no esguicho:

A perda de carga no esguicho foi calculada pela expressão 10. Para o calculo da velocidade na saída do esguicho foi utilizado novamente a equação 8.

$$hp_{esg} = k \cdot \frac{v_{esg}^2}{2g} \quad (10) \quad \text{Onde: } V = \frac{Q}{A} \quad (8)$$

$$hp_{esg} = 0,10 \cdot \frac{1,99^2}{2 \cdot 9,81} = 0,020 \quad V = \frac{0,0025}{\pi \frac{0,04^2}{4}} = 1,99 \text{ m/s}$$

120

Onde: hp_{esg} : perda de carga no esguicho (m)

v_{esg} : velocidade na saída do esguicho (m/s) = 1,99 m/s

k : coeficiente próprio de singularidade = 0,10

g : aceleração da gravidade = 9,81 m/s²

8º) Pressão da conexão do ramal com a coluna de incêndio:

A Pressão da conexão do ramal com a coluna de incêndio, foi calculada pela equação 11.

$$p_A = p_{H1} + hp_{A1} \quad (11)$$

$$p_A = 30 + 5,76 = 35,76 \text{ mca}$$

9º) Coeficiente de descarga na conexão do ramal com a coluna de incêndio:

O cálculo do coeficiente de descarga na conexão do ramal com a coluna de incêndio foi feito através da equação 12.

$$K_A = \frac{Q_{H1}}{\sqrt{p_A}} \quad (12)$$

$$K_A = \frac{150}{\sqrt{35,76}} = 25,08 \frac{l}{mim} \cdot mca$$

Onde: Q_{H1} : vazão do hidrante H1 (l/mim) = 150 l/mim

p_A : pressão no ponto A1 (kpa ou mca) = 35,76 mca

10º) Pressão no ponto B:

A pressão no ponto B foi calculada pela equação 13, enquanto isso para o cálculo da perda de carga no trecho B-A foi utilizada a equação 9.

$$p_B = p_A + gh_{AB} - hp_{AB} \quad (13)$$

$$p_B = 35,76 + 2,8 - 0,14$$

$$p_B = 38,42 \text{ m}$$

Onde: $hp_{AB} = 10,65 \cdot Q_{HI}^{1,85} \cdot l_{AB} \cdot C^{-1,85} \cdot D_{AB}^{-4,87}$ (9)

$$hp_{AB} = 10,65 \cdot 0,0025^{1,85} \cdot 2,8 \cdot 120^{-1,85} \cdot 0,05^{-4,87}$$

$$hp_{AB} = 0,14 \text{ m}$$

Onde: p_B : pressão no ponto B (m)

p_A : pressão no ponto A (m) = 35,76

gh_{AB} : desnível entre os pontos A e B (pé direito) (m) = 2,80m

hp_{AB} : perda de carga no trecho B-A (m) = 0,14

11º) Determinação da vazão no hidrante H2:

A vazão no hidrante H2 foi calculado pela expressão 14.

$$Q_{H2} = K_A \cdot \sqrt{P_B} \quad (14)$$

$$Q_{H2} = 25,08 \cdot \sqrt{38,42} = 155,45 \text{ l/mim}$$

12º) Perda de carga no trecho Rs-A:

Essa perda de carga entre os trechos foi calculada pela equação 15. Logo, a perda de carga no trecho que vai do Reservatório superior até o ponto A pela equação 16.

$$Q_{RS-A} = Q_{H1} + Q_{H2} \quad (15)$$

$$Q_{RS-A} = 150 + 155,45 = 305,45 \text{ l/m}$$

Onde: Q_{H1} : Vazão no hidrante H1 = 150 l/m

Q_{H2} : Vazão no hidrante H2 = 155,45 l/m

$$hp_{RS-A} = (ln_{RS-A} + le_{RS-A}) \cdot J_{RS-A} \quad (16)$$

$$hp_{RS-A} = (5,91 + 44,50) \cdot 0,053 = 2,67 \text{ mca}$$

Onde: hp_{RS-A} : perda de carga no trecho de canalização Rs-A (m)

ln_{RS-A} : somatório dos segmentos retos de canalização do trecho Rs-A (m) = 5,91m

le_{RS-A} : somatório dos comprimentos equivalentes do trecho Rs-A (m) = 44,50 m

J_{RS-A} : perda de carga unitária no trecho Rs-A (m/m)

ln_{RS-A} : 5,91 m

le_{RS-A} : 2 entradas de borda = $3,30 \times 2 = 6,60\text{m}$
 3 joelhos de $90^\circ = 3 \times 3,70\text{m} = 11,1\text{m}$
 2 válvulas de gaveta = $2 \times 0,90\text{m} = 1,80\text{m}$
 7 tê de passagem direta = $7 \times 2,40\text{m} = 16,80\text{m}$
 1 válvula de retenção horizontal = $8,20\text{m}$

Σ 44,50 m

Para o cálculo da perda de carga unitária no trecho Rs-A, adotou-se para o trecho um diâmetro imediatamente superior ao do ramal do hidrante H1 ou da coluna de incêndio, dada pela equação 17.

$$J_{RS-A} = 10,65 \cdot Q_{RS-A}^{1,85} \cdot C^{-1,85} \cdot d_{RS-A}^{-4,87} \quad (17)$$

$$J_{RS-A} = 10,65 \cdot 0,0051^{1,85} \cdot 120^{-1,85} \cdot 0,065^{-4,87} = 0,053$$

Onde: C : coeficiente de atrito de Hazem Willians: Tabela 4 - Fator C de Hazem Willians = 120

d_{RS-A} : diâmetro interno da canalização do trecho Rs-A (m)

13º) Altura mínima do reservatório superior Rs-A:

A altura mínima do reservatório superior Rs-A foi calculada pela equação 18.

$$h_{mim} = p_A + hp_{RS-A} \quad (18)$$

$$h_{mim} = 35,76 + 2,67 = 38,43m$$

Onde: h_{mim} : desnível mínimo necessário entre o reservatório superior e o hidrante mais desfavorável para se obter a vazão mínima (m)

p_A : pressão no ponto A (m) = 35,76 mca

hp_{RS-A} : perda de carga no trecho Rs-A (m) = 2,67 mca

Como $hg_{RS-A} \leq h_{mim}$ a altura do Reservatório superior é insuficiente. Logo a altura do reservatório deve ser elevada a 31,74m para que os hidrantes mais desfavoráveis funcionem. Essa altura foi calculada pela equação 19.

$$h_{elev} = h_{mim} - hg_{RS-A} \quad (19) \quad \text{Onde: } hg_{RS-A} = 4,20m$$

$$h_{elev} = 37,34 - 4,20 = 31,74m$$

Onde: h_{elev} : altura que o reservatório deve ser elevado além do desnível já existente (m)

14º) Altura manométrica total e seleção da bomba:

A altura manométrica total foi calculada pela equação 20.

$$hm = h_{elev} = p_A + hp_{RS-A} - hg_{RS-A} \quad (20)$$

$$hm = h_{elev} = 35,76 + 1,58 - 5,60 = 31,74 m$$

Altura manométrica = 31,74m

Bomba: Meganorm-Bloc, 32-200

Vazão = 305,45 l/m

Diâmetro do rotor: 202mm

Rendimento: 53%

Potência do motor: 2CV

15º) Vazão nos dois hidrantes mais favoráveis da instalação:

Quanto mais próximos os hidrantes estiverem ao pavimento térreo maior será a vazão. Isso significa que a medida em que a coluna de incêndio desce, maior é a pressão e consequentemente, maior a vazão.

Como não é preciso a utilização de bombas de pressurização, não é necessário o cálculo do passo 15.

16º) Verificação do diâmetro adotado para a coluna de incêndio

Quanto mais próximos os hidrantes estiverem ao pavimento térreo maior será a vazão. Isso significa que a medida em que a coluna de incêndio desce, maior é a pressão e consequentemente, maior a vazão.

Como não é preciso a utilização de bombas de pressurização, não é necessário o cálculo do passo 15.

17º) Volume da reserva técnica de incêndio

O volume de reserva técnica de incêndio é estabelecido a partir do tipo de sistema escolhido no quadro 8: VTI = 8 m³.

O cálculo do volume total do reservatório superior foi feito da seguinte forma:

$$\text{Consumo diário} = N^{\circ} \text{ de pessoas} \times \text{Consumo diário per capita}$$

$$CD = (5 \times 4 \times 2 \times 2) \times 200 = 16.000 \text{ litros}$$

Considerando que no estabelecimento estarão trabalhando 1 zelador e 1 segurança, tem-se: $2 \times 100 = 200$. Logo: $16.000 + 200 = 16.200$ litros.

Esse valor é multiplicado por um fator de segurança de 2 dias.

$$16.200 \cdot 2 = 32.400 \text{ litros ou } 32,4 \text{ m}^3$$

O Reservatório superior equivale a 40% do valor total do consumo (12,96 m³) mais a parcela de RTI (8m³) logo, o reservatório superior deverá ter capacidade para atender a 21m³.

18º) Memória de Cálculo

Quadro 12 – Memorial de Cálculo

| Hidrante | Trecho | Vazão | Diâmetro Nominal | Perda de Carga | Pressão |
|----------|--------|--------|------------------|----------------|---------|
| H1 | - | 150 | 65 | 5,76 | 30 |
| H2 | - | 155,45 | 65 | - | 38,42 |
| - | Rs - A | 305,45 | 85 | 2,67 | - |

Fonte: Autores 2019.

4.2 DIMENSIONAMENTO DE CHUVEIRO AUTOMÁTICO POR TABELA.

1º) Especificações normativas:

A NBR 10.897 - Proteção contra incêndio por chuveiro Automático fixa as condições mínimas exigíveis para projeto, cálculo e instalação de sistemas hidráulicos de proteção contra incêndio, por chuveiros automáticos para edificações, bem como determina as dimensões e adequação dos abastecimentos de água para o suprimento exclusivo destes sistemas.

Enquanto isso, a Norma Técnica 23 - Sistemas de chuveiros automáticos do CBMGO adequa o texto da norma NBR 10.897 e NBR 13.792 da ABNT, para aplicação na análise e vistoria de projetos/processos submetidos ao Corpo de Bombeiros, atendendo ao previsto no Código Estadual Segurança Contra Incêndio e Pânico (Lei n. 15802, de 11 de setembro de 2006).

Além da NBR 10.897 (ABNT, 2014) e NT 23 (GOIAS, 2014) A NFPA 13 – *National Fire Protection Association* se trata de uma Normalização para a instalação de Sistemas De Sprinklers, por dimensionamento por tabela.

2º) Classificação da classe de risco da ocupação:

A classificação da ocupação da edificação de acordo com o Quadro 11 - Classificação de ocupações é risco ordinário - Grupo 2: lojas.

3º) Determinação da área máxima de cobertura por chuveiro automático:

A área total da edificação é de 458 m². De acordo com a Tabela 13 a área máxima de cobertura para ocupações de risco Ordinário II é cada tipo de chuveiro automático é do tipo Padrão com $A_c = 18,6\text{m}^2$

I. Área máxima de cobertura de chuveiros automáticos pendentes ou em pé:

Logo, será adotado a cobertura por chuveiros automáticos pendentes. Onde se acordo com a Tabela 14 Área máxima de cobertura de chuveiros automáticos pendentes ou em pé, para ocupações de risco Ordinário II do tipo Padrão a $A_c = 12\text{m}^2$.

4º) Determinação dos espaçamentos máximos e mínimos dos chuveiros automáticos:

Os espaçamentos máximos e mínimos entre os chuveiros automáticos pendentes ou em pé determinados pela Tabela 16 para ocupações de risco Ordinário II do tipo Padrão é de 4,6m, enquanto o espaçamento mínimo determinado pela Tabela 17 é de 1,8m.

Desta forma serão adotados os espacamentos de $a=3,00\text{m}$ e $b=4,00\text{m}$. De forma que $4 * 3 = 12\text{m}^2$, corroborando com a área máxima de cobertura de chuveiros automáticos pendentes ou em pé que determina como máximo 12m².

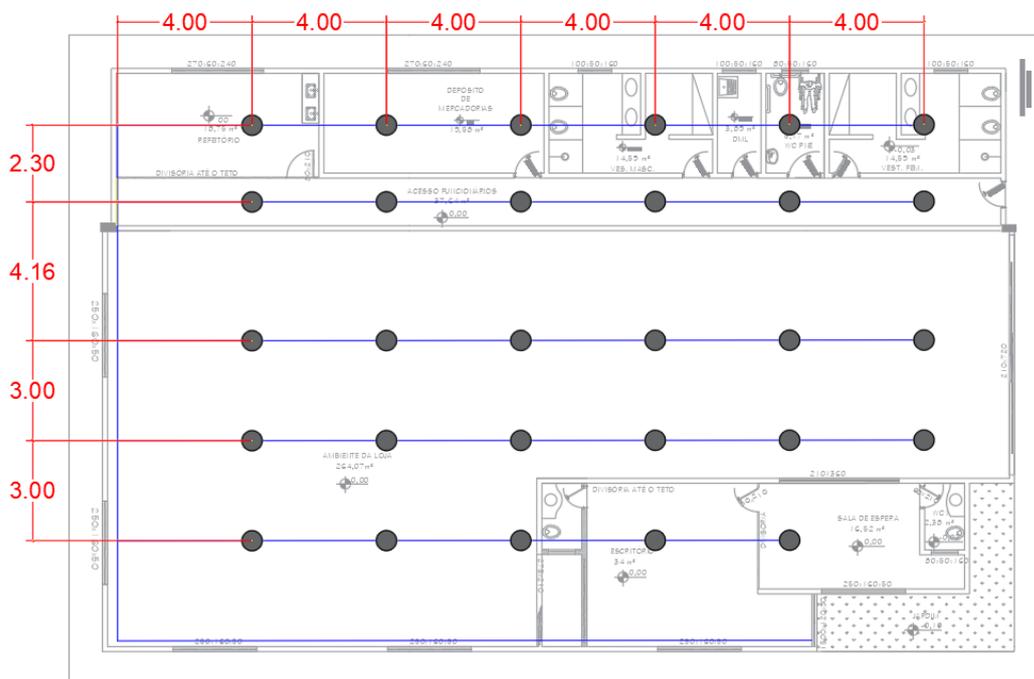
5º) Determinação da área a ser protegida:

A área a der protegida foi estabelecida conforme planta baixa do projeto arquitetônico da edificação, conforme Anexo C.

6º) Determinação da rede de chuveiros automáticos no ambiente:

A posição e distribuição da rede de chuveiros automáticos no ambiente e a localização do lançamento da coluna de incêndio pode ser verificado conforme Figura 27, assim no Anexo C.

Figura 27 – Distribuição dos chuveiros automáticos



Fonte: Autores 2019.

II. Área máxima de cobertura de chuveiros automáticos pendentes ou em pé:

7º) Determinação dos diâmetros dos sub-ramais e ramais:

O dimensionamento por tabelas especificado pela NFPA 13 (2019) define os números máximos de chuveiros automáticos que cada segmento de sub-ramal ou ramal pode atender em relação a classe de risco de ocupação da edificação, material da canalização e diâmetro nominal da canalização.

Para o risco ordinário, o número máximo foi definido de forma que:

I. Classe de risco Ordinário

- Todos abaixo do teto ou forro falso:
 - a) Número máximo de chuveiros automáticos que cada diâmetro nominal da canalização pode atender:

O número máximo de chuveiros automáticos que cada diâmetro nominal da canalização pode atender de acordo com o espaçamento entre os chuveiros automáticos de 4,6m é dado pela Tabela 27.

Tabela 27 - Número máximo de chuveiros automáticos o nominal da canalização pode atender: maior que 3,70m

| Diâmetro nominal | Número máximo de chuveiros automáticos na canalização | |
|-------------------------|--|------------------------|
| | Cobre | Aço galvanizado |
| mm | | |
| 40 | 5 | 5 |

Fonte: AUTORES, 2019.

b) Número máximo de chuveiros automáticos que cada sub-ramal pode atender:

Os sub-ramais devem conter no máximo 8 chuveiros automáticos, de acordo com os diâmetros especificados nas Tabelas 19 e 20.

8º) Vazão mínima da instalação

A determinação da vazão mínima da instalação pode ser estabelecida tanto pela NFPA 13 (2019) quanto pela NBR 10.897(ABNT,2014).

Para efeito do estudo será utilizada a Tabela 28 da NFPA (2019). Onde

Tabela 28 – Volume mínimos de reserva técnica de incêndio

| Classe de risco | Vazão mínima da bomba (*) | Tempo mínimo de operação (**) | Volume mínimo do reservatório | Pressão residual mínima (***) |
|------------------------|----------------------------------|--------------------------------------|--------------------------------------|--------------------------------------|
| | l/mim | Mím | m³ | kPa |
| Ordinária | 3200-5700 | 60-90 | 192-513 | 140 |

Fonte: AUTORES, 2019.

9º) Diâmetro da coluna de incêndio: Canalização de recalque

O diâmetro da coluna de incêndio por dimensionamento por tabela, também é definida através da classe de risco. Para isso é necessário contabilizar o numero de chuveiros que serão atendidos num ambiente, a partir da Figura 27 tem-se 29 chuveiros. Logo de acordo com a Tabela 21 tem-se o diâmetro da coluna de incendio de 75mm.

10º) Diâmetro da canalização de sucção

O diâmetro da canalização de recalque é de 75mm, logo da canalização de sucção é de 100mm.

11º) Pressão mínima

A pressão mínima do chuveiro automático foi calculada pela equação 29.

$$hm_t = p_{VGA} + hg_{VGA-A} + hp_{VGA-A} \quad (29)$$

$$hm_t = 140 + 2,85 + 140 \cdot \frac{30}{(100)} = 184,85 \text{ m}$$

Onde: hm_t : altura manométrica ou pressão requerida na boma (m)

p_{VGA} : pressão mínima efetiva que se deve ter na válvula de governo e alarme (VGA)
(m)

hg_{VGA-A} : altura geométrica entre a VGA e o nível do chuveiro mais elevado (m)

hp_{VGA-A} : perda de carga no trajeto que vai da bomba até o chuveiro mais desfavorável
(m)

A altura geométrica entre a GVA e o chuveiro é obtida através do corte no projeto.

Para a perda de carga é feita uma estimativa de 30% da pressão efetiva mínima na VGA mais o desnível entre a VGA e o chuveiro mais desfavorável.

12ª) Seleção das bombas de incêndio

Altura manométrica = 184,85m

Vazão = 3200-5700

Bomba: Meganorm-Bloc, 80 -315

Diâmetro do rotor: 305mm

Rendimento: 74%

Potência do motor: 32CV

13ª) Determinação do volume da reserva técnica de incendio

O volume de reserva técnica de incêndio é dado a partir da Tabela 30, demonstrada no passo 8. RTI: 192-513 m³. Logo será adotado RTI 200m³.

4.3 RESULTADOS E DISCUSSÕES

O dimensionamento de sistemas de hidrantes e de mangotinhos para combate a incêndio abastecido por reservatório superior e o dimensionamento de sistema de chuveiros automáticos dimensionado por tabela, são dois dos exemplos mais simples de dimensionamento desses tipos de sistemas de combate a incêndio encontrados para efeito de cálculo.

Os projetos disponibilizados para o estudo de caso foram analisados, dentre outros elementos, de acordo com o tipo de ocupação, características construtivas e dimensões e posteriormente elaborados a partir do roteiro de dimensionamento demonstrado no Capítulo 04 e posteriormente do memorial descritivo obtido pelo dimensionamento feito neste capítulo.

Verificou-se no dimensionamento do sistema de hidrantes que a altura do Reservatório Superior é dominante no desempenho da vazão necessária para atender com eficiência os hidrantes mais desfavoráveis.

No Brasil hoje existem diversas normas e legislações que tratam de proteção contra incêndio, entretanto, na hora de dimensionar o tipo de sistema escolhido é interessante observar a legislação aplicada ao estado para que se possa conseguir obter um resultado atual, normatizado e unificado.

Outro ponto que deve ser respeitado no dimensionamento de sistemas de proteção contra incêndio em edificações é compatibilização com os projetos Arquitetônico e Estrutural, uma vez que, essa compatibilização é o que garante uma melhor eficiência na utilização desses componentes.

Este estudo veio para contribuir didaticamente como uma parte acadêmica, para que estimulem os alunos na busca de conhecimento nesta área, visto que existe um deficit na formação acadêmica, sendo um primeiro contato de muitos alunos que queiram começar a estudar assuntos relativos a dimensionamento de sistemas hidráulicos de combate a incêndio.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O surgimento do fogo é considerado como um marco na história pois proporcionou uma grande vantagem evolutiva na humanidade, tornando-se assim, essencial para a sobrevivência. Desde sua origem o homem viu a necessidade de controlar o fogo, para assim executar suas atividades com eficiência e segurança. Lembrando que essa foi a primeira fonte de energia a ser dominada.

No contexto da evolução e sobrevivência é notório que o fogo trouxe inúmeros benefícios, entretanto, a forma com que posteriormente o homem passou a utilizar e controlar essa ferramenta tornou-se preocupante, evidenciando-se cada vez mais através de queimadas e incêndios. Devido isso, surgiram um conjunto de medidas de prevenção, detecção e cuidados contra incêndio denominada de segurança contra incêndio.

Assim, no decorrer da realização deste trabalho pode-se constatar que a prevenção e o combate ao incêndio precisa contar com o comprometimento e contante aperfeiçoamento não só dos profissionais de Engenharia e Arquitetura, mas dos órgãos públicos de fiscalização e normatização, além da participação da sociedade em geral, uma vez que, a preservação de vidas é primordial. Para isso é necessário o entendimento das características e comportamento do fogo, bem como o entendimento e manejo dos equipamentos de segurança.

Conforme evidenciado, o Trabalho de Conclusão de Curso em questão apresentou os principais conceitos de segurança contra incêndio, e relatou diversos tipos de sistemas com essa finalidade. Logo, como estudo de caso o trabalho destacou o dimensionamento de projeto os sistemas de hidrante e mangotinho e chuveiro automático para combate a incêndio.

Percebeu-se que no Brasil e no mundo a maioria dos avanços, no que diz respeito a normatização, foram resultados de grandes catástrofes, assim este estudo consistiu em contribuir no aperfeiçoamento da legislação e cobrança mais rigorosa na fiscalização, essencialmente para obter maior investimento em pesquisa. Sendo assim, precisa-se obter maior nível de segurança possível, uma vez que o profissional está diretamente ligado à responsabilidade por vidas dos ocupantes das edificações em caso de incêndio.

No Brasil não ha uma legislação unificada, dificultando e deixando muitas brechas para interpretações, levando a erros e conseqüentemente maiores riscos, visto que apresenta uma variedade enorme de normas, leis, decretos, instruções técnicas, portarias, entre outras, tanto em nível federal quanto estadual e municipal. Algumas mais detalhadas e atuais, outras mais antigas e incompletas. Esse cenário obriga os profissionais da área a estarem em constante

estudo e aprendizado, sempre atentos à atualizações nesse mercado de trabalho promissor e com grande demanda.

Os sistemas de hidrantes e mangotinhos para combate a incêndio trata-se de uma proteção destinada a conduzir e distribuir água num edifício possibilitando e garantindo o funcionamento por um período de tempo, enquanto isso, o sistema de chuveiros automáticos trata-se de um sistema fixo que são acionados automaticamente, sem interferência humana, quando ativado pelo foco de incêndio com a finalidade de proteger o ambiente e impedir que o fogo se alastre.

Ambos os sistemas são bastante conhecidos e utilizados em casas, prédios residenciais e comerciais e diversos outras edificações, uma vez que, além da facilidade de dimensionamento – verificado através do roteiro apresentado no Capítulo 03, esses sistemas conseguem atender com eficiência às suas finalidades.

Por fim, verificou-se que para trabalhos e pesquisas futuras seria interessante a análise de custos da implementação desse tipo de projeto preventivo de combate a incêndio.

REFERÊNCIAS

- ABNT -ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 10898: Sistema de iluminação de emergência**. Rio de Janeiro, 1999a.
- _____. **NBR 12693: Sistema de proteção por extintor de incêndio**. Rio de Janeiro, 2013.
- _____. **NBR 13714: Sistema de hidrantes e de mangotinhos para combate a incêndio**. Rio de Janeiro, 2000a.
- _____. **NBR 5419: Proteção de estruturas contra descargas atmosféricas**. Rio de Janeiro, 2005.
- _____. **NBR 9077: Saídas de emergências em edifícios**. Rio de Janeiro, 2001.
- _____. **NBR 13434: Sinalização de segurança contra incêndio e pânico**. Rio de Janeiro, 2004.
- _____. **NBR 14432: Exigências de resistência ao fogo de elementos construtivos de edificações – procedimentos**. Rio de Janeiro, 2000b.
- _____. **NBR 14276: Brigada de incêndio – requisito**. Rio de Janeiro, 1999b.
- _____. **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.
- _____. **NBR 10897: Proteção contra incêndio por chuveiros automáticos**. Rio de Janeiro, 1990.
- _____. **NBR 13860: Glossário de termos relacionados com a segurança contra incêndio**. Rio de Janeiro, 1997.
- _____. **NBR 13523: Central predial de gás liquefeito de petróleo**. Rio de Janeiro, 1995.
- BERTO, A. F. **Medidas de proteção contra incêndio: aspectos fundamentais a serem considerados no projeto arquitetônico dos edifícios**. Dissertação (Mestrado em Arquitetura) - Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de São Paulo, São Paulo. 1991.
- BRASIL. Constituição (1988). Constituição da República Federativa do Brasil. Brasília, DF: Senado Federal: Centro Gráfico, 1988.
- _____. Ministério do Trabalho. Portaria 3214. **NR 23: Proteção contra incêndios**. 1978.
- _____. **Lei nº 13.425, de 30 de março de 2017**. Brasília, DF: Casa Civil, 2017.
- BRENTANO, T. **Instalações hidráulicas de combate a incêndio nas edificações**. 3ª ed. Porto Alegre: EDIPUCRS, 2007.

_____. **A proteção contra incêndio ao projeto de edificações.** 2ª ed. Porto Alegre: T Edições, 2010.

CAMILO JÚNIOR, A. B. **Manual de Prevenção a Incêndios.** 7ª ed. São Paulo: Editora Senac, 2006.

CHANDLER, C. C. et al. *Fire in forestry.* New York: Wiley, 1983.

EUZEBIO, Sandro da Cunha. **PPCI fácil:** manual completo de prevenção de incêndios. Pelotas, RS, 2011.

FAGUNDES, Fábio. **Plano de prevenção e combate a incêndios:** Estudo de caso em edificação residencial multipavimentada. 2013. Monografia do Curso de Pós-Graduação em Engenharia de Segurança do Trabalho - Universidade Regional do Noroeste do estado do Rio Grande do Sul, Santa Rosa, 2013.

FERIGOLO, Francisco Celestino. **Prevenção de incêndio.** Porto Alegre: Sulina, 1977.

GOIÁS. Polícia Militar. Corpo de Bombeiros. **NT 01: Procedimentos administrativos.** Goiás. 2019.

_____. _____. _____. **NT 02: Conceitos básicos de segurança contra incêndio.** Goiás. 2014a.

_____. _____. _____. **NT 11: Saídas de emergência.** Goiás. 2017.

_____. _____. _____. **NT 18: Iluminação de emergência.** Goiás. 2014b.

_____. _____. _____. **NT 21: Sistemas de proteção por extintores de incêndio.** Goiás. 2014c.

_____. _____. _____. **NT 22: Sistemas de hidrantes e de mangotinhos para combate a incêndio.** Goiás. 2014d.

_____. **Lei nº 15.802, de 11 de setembro de 2006:** institui o código estadual de segurança contra incêndio e pânico e dá outras providências. Goiânia, GO: Assembleia Legislativa, 2006.

GOMES, Taís. **Projeto de prevenção e combate à incêndio.** Trabalho de Conclusão de Curso – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2014.

HALLIDAY, David; RESNICK, Robert; WALKER, Jearl. **Fundamentos da Física 4.** 10 ed. São Paulo: Ltc, 2016.

IBAPE: INSTITUTO BRASILEIRO DE AVALIAÇÕES E PERÍCIAS DE ENGENHARIA. **Inspeção Predial - Prevenção e combate a Incêndio.** São Paulo, 2013.

LENTZ CARVALHO, Eduardo. **Projeto Preventivo contra incêndio:** estudo de caso de edificação privativa multifamiliar. Trabalho de Conclusão de Curso - Universidade Federal de Santa Catarina - UFSC, Florianópolis, 2017.

MARCATTI, Jovelli, et al. **A segurança contra incêndio no Brasil**. São Paulo: Projeto Editora, 2008.

MARTÍN, L. M. E. e PERIS, J. J. F. *Comportamiento al fuego de materialesy estructuras*. Madrid, *Laboratorio de Experiencias e Investigaciones del Fuego, Instituto Nacional de Investigaciones Agrarias*, 1982.

MITIDIERI, Luiz Marcelo et al. **A segurança contra incêndio no Brasil**. São Paulo: Projeto Editora, 2008.

NFPA - *NATIONAL FIRE PROTECTION ASSOCIATION*. NFPA 1: *Fire prevention code*. Quincy: Nfpa, 2016. Disponível em: <<https://www.nfpa.org/codes-and-standards/all-codes-and-standards/list-of-codes-and-standards/detail?code=1>>. Acesso: 04 jun. 2019.

POZZOBON, C. E. **Proteção contra incêndio e explosões**: Técnicas de prevenção e combate a sinistros. Notas de aula. Curso de Pós-Graduação em Engenharia de Segurança do Trabalho. Ijuí: UNIJUI, 2007.

ROSSO, Teodoro. **Incêndio e arquitetura**. São Paulo: FAUUSP, 1975.

SÃO PAULO. Polícia Militar. Corpo de Bombeiros. **IT 02: Conceitos básicos de segurança contra incêndio**. São Paulo. 2011.

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

UMINSKI, Alessandra S. de Carvalho. **Técnicas de prevenção e combate a sinistros**. Santa Maria, RS: Colégio Nossa Senhora de Fátima, 2003.

ANEXO A

CLASSIFICAÇÃO DAS EDIFICAÇÕES QUANTO À SUA OCUPAÇÃO

Quadro 3 - Classificação das edificações quanto à sua ocupação

(continua)

| Grupo | Ocupação/Usos | Divisão | Descrição | Exemplos |
|-------|---|---------|---|---|
| A | Residencial | A-1 | Habitações unifamiliares | Casas térreas ou assobradadas, isoladas ou não. |
| | | A-2 | Habitações multifamiliares | Edifícios de apartamentos em geral. |
| | | A-3 | Habitações coletivas (grupos sociais equivalentes à família) | Pensionatos, internatos, mosteiros, conventos, residenciais geriátricos. |
| B | Serviços de hospedagem | B-1 | Hotéis e assemelhados | Hotéis, motéis, pensões, hospedarias, albergues, casas de cômodos. |
| | | B-2 | Hotéis residenciais | Hotéis e assemelhados com cozinha própria nos apartamentos (incluem-se apart-hotéis, hotéis residenciais). |
| C | Comercial varejista | C-1 | Comércio em geral de pequeno porte | Armarinhos tabacarias, mercearias, fruteiras, butiques e outros. |
| | | C-2 | Comércio de grande porte e médio porte | Edifícios de lojas, lojas de departamentos, magazines, galerias comerciais, supermercados em geral, mercados e outros. |
| | | C-3 | Centros comerciais | Centros de compras em geral (<i>shopping center</i>). |
| D | Serviços profissionais, pessoais e técnicos | D-1 | Locais para prestação de serviços profissionais ou condução de negócios | Escritórios administrativos ou técnicos consultórios, instituições financeiras (não incluídas em D-2), repartições públicas, cabeleireiros, laboratórios de análises clínicas sem internação, centros profissionais e outros. |
| | | D-2 | Agências bancárias | Agências bancárias e assemelhados. |
| | | D-3 | Serviços de reparação (exceto os classificados em G e I) | Lavanderias, assistência técnica, reparação e manutenção de aparelhos eletrodomésticos chaveiros, pintura de letreiros e outros. |
| E | Educacional e cultura física | E-1 | Escolas em geral | Escolas de primeiro, segundo e terceiro graus, cursos supletivos e pré-universitários e outros. |

Quadro 3 - Classificação das edificações quanto à sua ocupação

(continua)

| | | | | |
|---|------------------------------|-----|--|--|
| | | E-2 | Escolas especiais | Escolas de artes e artesanatos, de línguas, de cultura geral, de cultura estrangeira. |
| | | E-3 | Espaço para cultura física | Locais de ensino e/ou práticas de artes marciais, ginástica (artística, dança, musculação e outros) esportes coletivos (tênis, futebol e outros não incluídos em F-3), sauna, casas de fisioterapias e outros. |
| | | E-4 | Centros de treinamento profissional | Escolas profissionais em geral. |
| | | E-5 | Pré-escolas | Creches, escolas maternas, jardins-de-infância. |
| | | E-6 | Escolas para portadores de deficiência | Escolas para excepcionais, deficientes visuais e auditivos e outros. |
| F | Locais de reunião de público | F-1 | Locais onde há objetos de valor inestimáveis | Museus, galerias de arte, arquivos, bibliotecas e assemelhados. |
| | | F-2 | Templos e auditórios | Igrejas, sinagogas, templos e auditórios em geral. |
| | | F-3 | Centros esportivos | Estádios, ginásios e piscinas cobertas com arquibancadas, arenas em geral. |
| | | F-4 | Estações e terminais de passageiros | Estações rodoferroviárias, aeroportos, estações de transbordo e outros. |
| | | F-5 | Locais para produção e apresentação de artes cênicas | Teatros em geral, cinemas, óperas, auditórios de estúdios de rádio e televisão e outros. |
| | | F-6 | Clubes sociais | Boates e clubes noturnos em geral, salões de baile, restaurantes dançantes, clubes sociais e assemelhados. |
| | | F-7 | Construções provisórias | Circos e assemelhados. |
| | | F-8 | Locais para refeições | Restaurantes, lanchonetes, bares, cafés, refeitórios, cantinas e outros. |
| G | Serviços automotivos | G-1 | Garagens sem acesso de público e sem abastecimento | Garagens automáticas. |
| | | G-2 | Garagens com acesso de público e sem abastecimento | Garagens coletivas não-automáticas em geral, sem abastecimento (exceto para veículos de carga e coletivos). |

Quadro 3 - Classificação das edificações quanto à sua ocupação

(continua)

| | | | | |
|---|---|-----|---|--|
| | | G-3 | Locais dotados de abastecimento de combustível | Postos de abastecimento e serviço, garagens (exceto para veículos de carga e coletivos). |
| | | G-4 | Serviços de conservação, manutenção e reparos | Postos de serviço sem abastecimento, oficinas de conserto de veículos (exceto de carga e coletivos), borracharia (sem recauchutagem). |
| | | G-5 | Serviços de manutenção em veículos de grande porte e retificadoras em geral | Oficinas e garagens de veículos de carga e coletivos, máquinas agrícolas e rodoviárias, retificadoras de motores. |
| H | Serviços de saúde e institucionais | H-1 | Hospitais veterinários e assemelhados | Hospitais, clínicas e consultórios veterinários e assemelhados (inclui-se alojamento com ou sem adestramento). |
| | | H-2 | Locais onde pessoas requerem cuidados especiais por limitações físicas ou mentais | Asilos, orfanatos, abrigos geriátricos, reformatórios sem celas e outros. |
| | | H-3 | Hospitais e assemelhados | Hospitais, casas de saúde, prontos-socorros, clínicas com internação, ambulatórios e postos de atendimento de urgência, postos de saúde e puericultura e outros. |
| | | H-4 | Prédios e instalações vinculados às forças armadas, polícias civil e militar | Quartéis, centrais de polícia, delegacias distritais, postos policiais e outros. |
| | | H-5 | Locais onde a liberdade das pessoas sofre restrições | Hospitais psiquiátricos, reformatórios, prisões em geral e instituições assemelhadas. |
| I | Industrial, comercial de alto risco, atacadista e depósitos | I-1 | Locais onde as atividades exercidas e os materiais utilizados e/ou depositados apresentam médio potencial de incêndio. Locais onde a carga combustível não chega a 50 kg/m ² ou 1200 MJ/m ² e que não se enquadram em I-3 | Atividades que manipulam e/ou depositam os materiais classificados como de médio risco de incêndio, tais como fábricas em geral, onde os materiais utilizados não são combustíveis e os processos não envolvem a utilização intensiva de materiais combustíveis. |

Quadro 3 - Classificação das edificações quanto à sua ocupação

(conclusão)

| | | | | |
|---|---|-----|--|---|
| | | I-2 | Locais onde as atividades exercidas e os materiais utilizados e/ou depositados apresentam grande potencial de incêndio. Locais onde a carga combustível ultrapassa 50 kg/m ² ou 1200 MJ/m ² e que não se enquadram em I-3. Depósitos sem conteúdo específico | Atividades que manipulam e/ou depositam os materiais classificados como de grande risco de incêndio, tais como marcenarias, fábricas de caixas, de colchões, subestações, lavanderias a seco, estúdios de TV, impressoras, fábrica de doces, heliportos, oficinas de conserto de veículos e outros. |
| I | Industrial, comercial de alto risco, atacadista e depósitos | I-3 | Locais onde há alto risco de incêndio pela existência de quantidade suficiente de materiais perigosos | Fábricas e depósitos de explosivos, gases e líquidos inflamáveis, materiais oxidantes e outros definidos pelas normas brasileiras, tais como destilarias, refinarias, elevadores de grãos, tintas, borracha e outros. |
| J | Depósitos de baixo risco | | Depósitos sem risco de incêndio expressivo | Edificações que armazenam, exclusivamente, tijolos, pedras, areias, cimentos, metais e outros materiais incombustíveis. |

Fonte: ABNT, 2001 (adaptado).

ANEXO B

**PROJETO DE HIDRANTES DE COMBATE A INCENCIO ABASTECIDO POR
RESERVATÓRIO SUPERIOR**

A seguir serão apresentados o corte aa, plantas baixas do térreo e apartamentos tipo e corte esquemático do projeto de hidrantes de combate a incêndio abastecido por reservatório superior feito a partir do dimensionamento apresentado, ilustrados respectivamente pelas figuras 26, 28, 29, 30.

Figura 26 - Corte esquemático: prédio residencial 06 andares

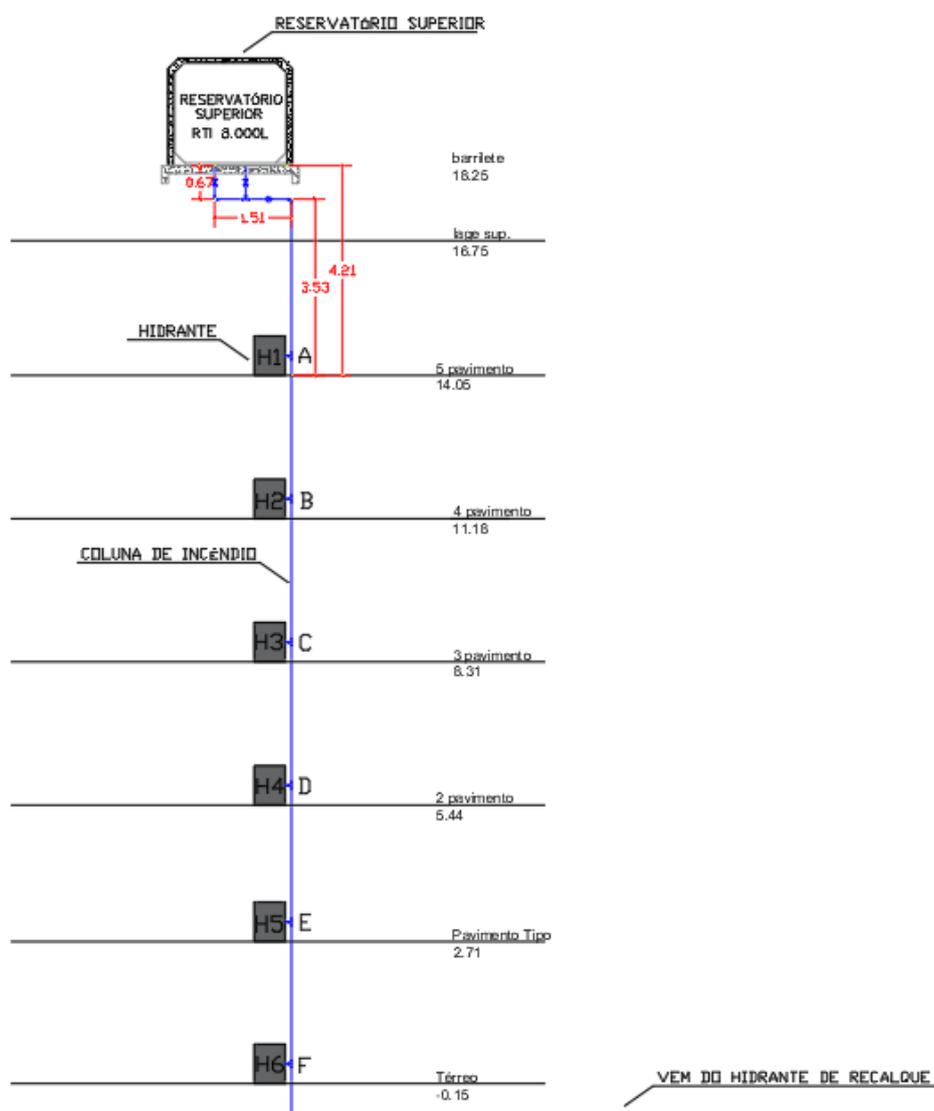
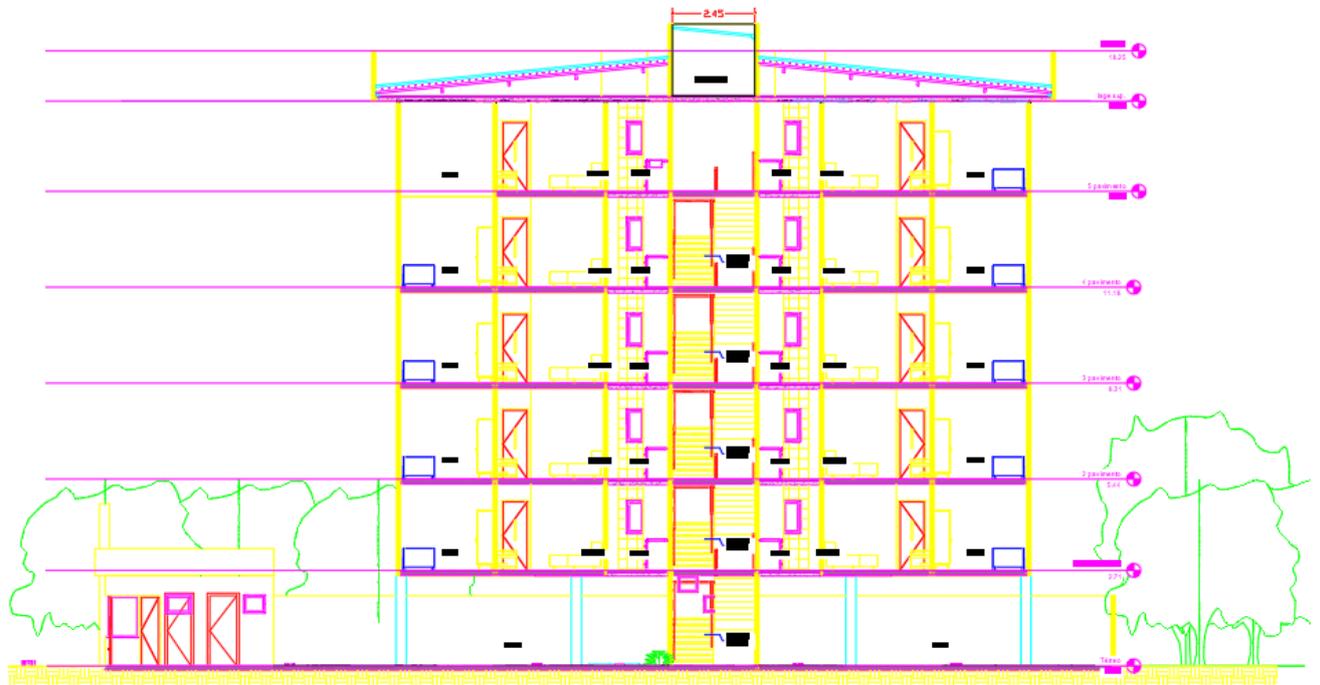
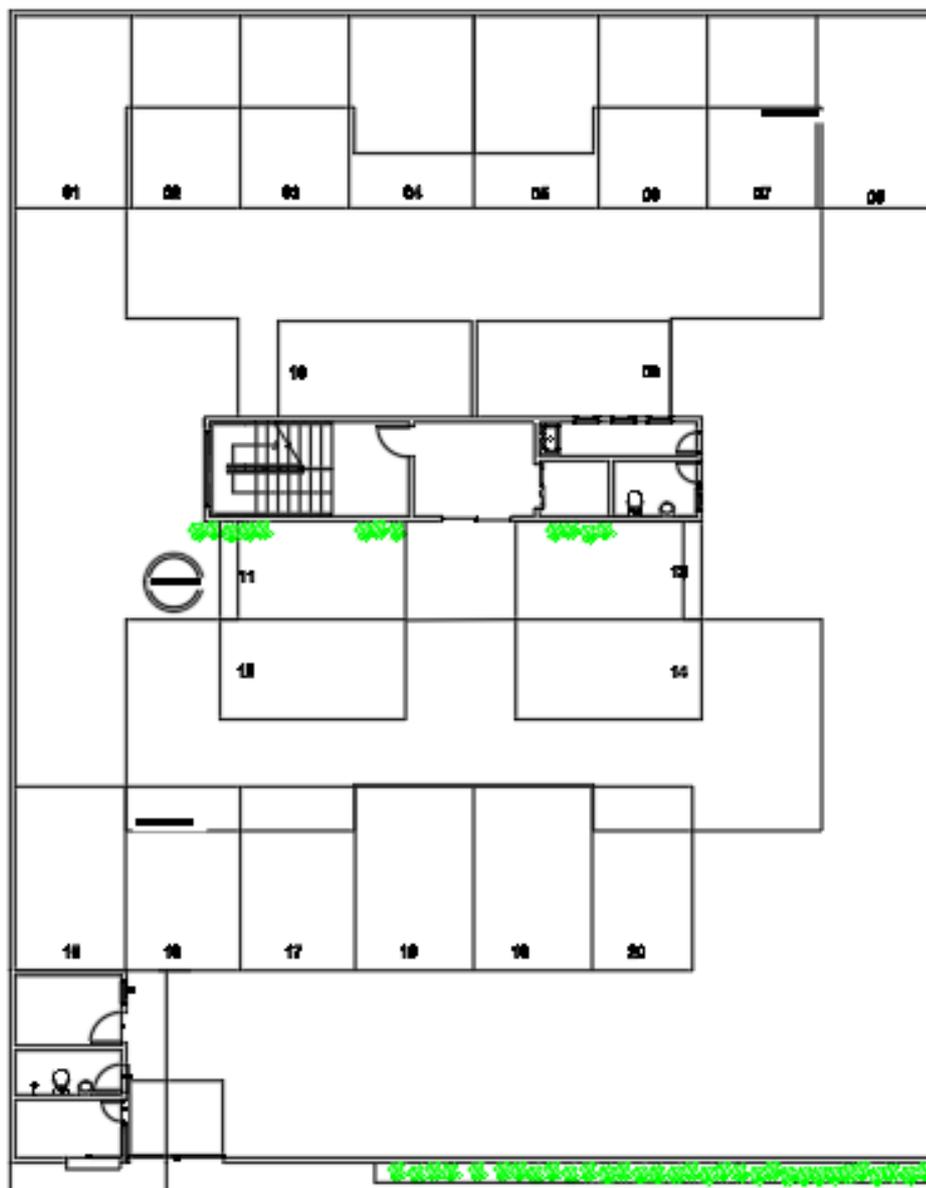


Figura 28 – Corte AA



Fonte: Autores 2019.

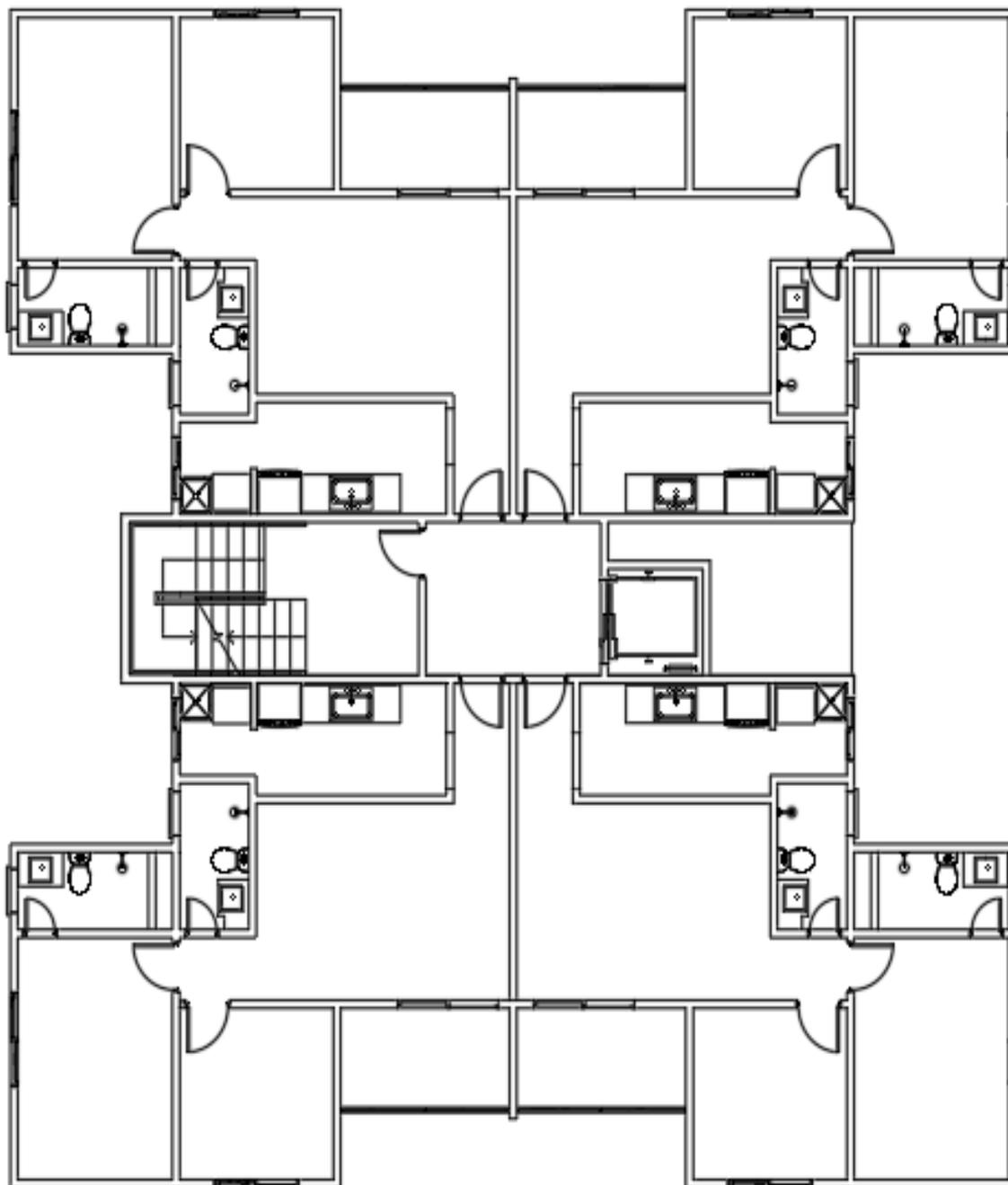
Figura 29 – Planta baixa do apartamento térreo



Cálculo

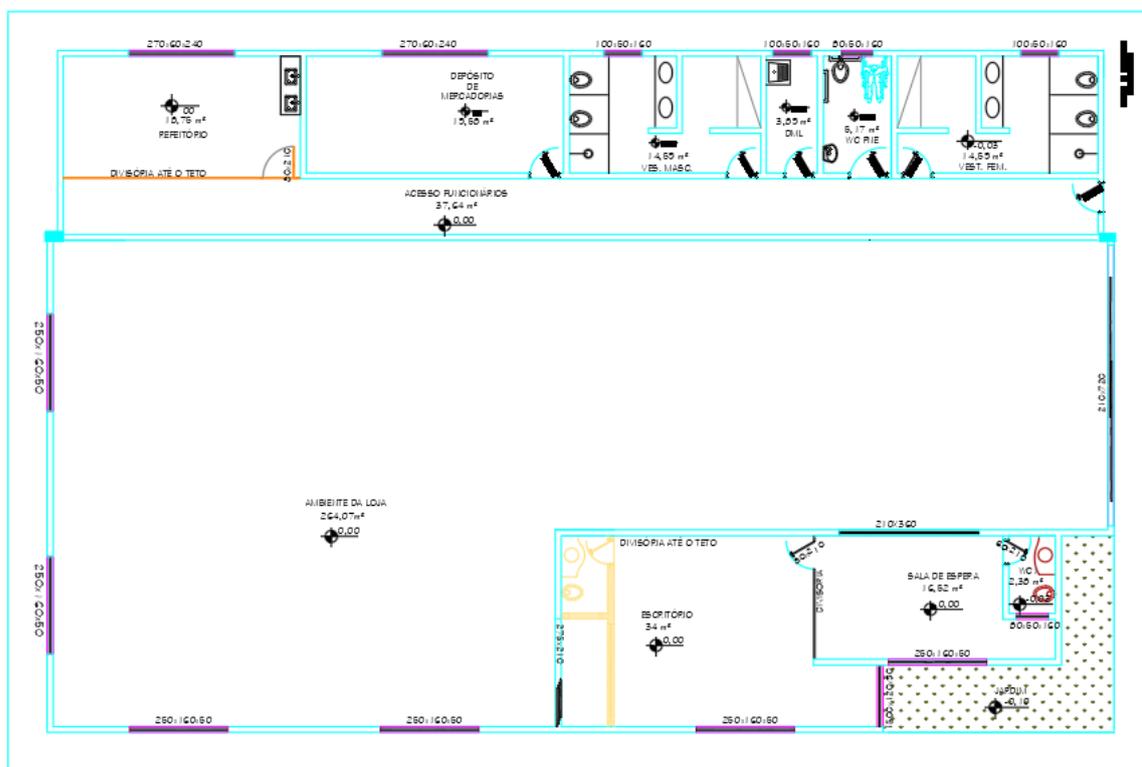
Fonte: Autores 2019.

Figura 30 – Planta baixa do apartamento tipo



Fonte: Autores 2019

Figura 31 – Planta baixa do apartamento tipo



Fonte: Autores 2019.