



**INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DO AMAZONAS
CAMPUS MANAUS CENTRO
DEPARTAMENTO ACADÊMICO DE PROCESSOS INDUSTRIAIS
CURSO DE ENGENHARIA MECÂNICA**

EDUARDO HAYEK RIBEIRO

**Sistema de Combate a Incêndios em Depósito instalado no Polo industrial de
Manaus (PIM) – Classificação e Dimensionamento de Sistema de Hidrantes.**

**MANAUS – AM
2022**

EDUARDO HAYEK RIBEIRO

Sistema de Combate a Incêndios em Depósito instalado no Polo industrial de Manaus (PIM) – Classificação e Dimensionamento de Sistema de Hidrantes

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao Curso de Bacharelado em Engenharia Mecânica do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Amazonas - IFAM, como requisito parcial para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Mecânica.

Orientador: Prof. Me Benjamin Batista de Oliveira Neto.

Coorientador: Prof. Dr Ailton Gonçalves Reis.

MANAUS – AM
2022

Biblioteca do IFAM- Campus Manaus Centro

R484s Ribeiro, Eduardo Hayek.
Sistema de combate a incêndios em depósito instalado no Polo Industrial de Manaus (PIM) – classificação e dimensionamento de sistema de hidrantes / Eduardo Hayek Ribeiro. – Manaus, 2022.
40 p. : il. color.

Trabalho de Conclusão de Curso (Engenharia Mecânica) – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Amazonas, *Campus* Manaus Centro, 2022.

Orientador: Prof. Me. Benjamin Batista de Oliveira Neto.
Coorientador: Prof. Dr. Ailton Gonçalves Reis.

1. Engenharia mecânica. 2. Sistema de combate de incêndio. 3. Sistema de hidrantes. I. Oliveira Neto, Benjamin Batista de. (Orient.) II. Reis, Ailton Gonçalves. III. Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Amazonas IV. Título.

CDD 621

EDUARDO HAYEK RIBEIRO

Sistema de Combate a Incêndios em Depósito instalado no Polo industrial de Manaus (PIM) – Classificação e Dimensionamento de Sistema de Hidrantes

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao Curso de Bacharelado em Engenharia Mecânica do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Amazonas - IFAM, como requisito parcial para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Mecânica.

Orientador: Prof. Me Benjamin Batista de Oliveira Neto.

Coorientador: Prof. Dr Ailton Gonçalves Reis.

Aprovado (a) em 12 de julho de 2022.

BANCA EXAMINADORA

(Assinado digitalmente em 18/07/2022 14:38)

BENJAMIN BATISTA DE OLIVEIRA NETO
COORDENADOR
Matrícula: 1112947

Professor Msc. Benjamin Batista de Oliveira Neto
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Amazonas (IFAM)

(Assinado digitalmente em 18/07/2022 14:55)

CAMILA DA COSTA PINTO
PROFESSOR ENS BASICO TECN TECNOLOGICO
Matrícula: 3268641

Professora Msc. Camila da Costa Pinto
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Amazonas (IFAM)

(Assinado digitalmente em 20/07/2022 18:12)

PAULO FERNANDO FIGUEIREDO MACIEL
PROFESSOR ENS BASICO TECN TECNOLOGICO
Matrícula: 3280746

Professor Msc. Paulo Fernando Figueiredo Maciel
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Amazonas (IFAM)

MANAUS – AM
2022

À minha família pelo incentivo e à minha
esposa e filhos pela compreensão nas horas de
ausência.

AGRADECIMENTOS

Agradeço em primeiro lugar à Deus, pela minha vida e por me ajudar a ultrapassar todos os obstáculos encontrados ao longo do curso.

Aos meus pais, pelo apoio, confiança e incentivo nos momentos difíceis. Assim como minha esposa e filhos que compreenderam a minha ausência enquanto eu me dedicava à realização deste trabalho.

Aos professores e professoras, pela correção e ensinamentos que me permitiram apresentar um melhor desempenho no meu processo de formação profissional.

RESUMO:

A classificação e Dimensionamento de Sistema de Hidrantes está inserido no contexto do sistema de combate à incêndio das edificações. Busca-se demonstrar um projeto de hidrantes para todo tipo de depósito, classificado conforme Decreto 24.054/2004. Faz-se uso de uma metodologia baseada na pesquisa bibliográfica a partir de materiais como livros, normas técnicas e legislações vigentes formando uma base de conteúdo com intuito de investigar fatores exigidos para adequação de projeto de incêndio trazendo um objetivo da pesquisa de natureza explicativa para identificar e analisar tais fatores e descrever suas características a partir de uma coleta de dados iniciais da edificação e consultas às normas com base num estudo amplo e profundo de caso, detalhando fórmulas, legislações e conhecimento, de forma a identificar os fatores determinantes para ocorrência conclusiva do projeto, explicando suas causas e descrevendo os parâmetros exigidos. Foi possível concluir que os resultados obtidos se mostram eficientes e em consonância para aprovação junto ao Corpo de Bombeiros do Estado do Amazonas.

Palavras-chave: Sistema de Hidrantes. Dimensionamento. Depósito. Incêndio. Norma Brasileira.

ABSTRACT:

The classification and design of the Hydrant System is inserted in the context of the fire-fighting system of buildings. It seeks to demonstrate a hydrant project for all types of deposits, classified according to Decree 24.054/2004. A methodology based on bibliographic research is used from materials such as books, technical standards and current legislation, forming a content base in order to investigate factors required for the adequacy of a fire project, bringing a research objective of an explanatory nature to identify and analyze such factors and describe their characteristics from an initial data collection of the building and consultations to the norms based on a broad and deep case study, detailing formulas, legislation and knowledge, in order to identify the determining factors for the conclusive occurrence of the project, explaining its causes and describing the required parameters. It was possible to conclude that the results obtained proved to be efficient and in line with approval by the Fire Department of the State of Amazonas.

Keywords: Hydrant System. Sizing. Deposit. Fire. Brazilian Standard.

LISTA DE ILUSTRAÇÃO

FIGURA 1 - TRANSFERÊNCIA DE CALOR POR CONDUÇÃO	18
FIGURA 2 - FLUXO DE CALOR POR CONVECÇÃO EM UM PRÉDIO DE APARTAMENTOS	19
FIGURA 3 - TRANSFERÊNCIA DE CALOR POR ONDAS DE IRRADIAÇÃO.....	19
FIGURA 4 - REPRESENTAÇÃO DO TETRAEDRO DO FOGO COM A REAÇÃO QUÍMICA EM CADEIA	21
FIGURA 5 - ESQUEMA DE RTI CONJUGADO COM CONSUMO GERAL	30
FIGURA 6 - BOMBA DE INCÊNDIO E BOMBA JOCKEY	32
FIGURA 7 - MODELOS DE ABRIGO.....	33
FIGURA 8 - MANGOTINHO ENROLADO EM SUPORTE MÓVEL, TIPO CARRETEL.....	33
FIGURA 9 - KIT COM ESGUICHOS, CHAVE STORZ, ADAPTADOR STORZ	34
FIGURA 10 - MEMORIAL DE CÁLCULO DE HIDRANTE FORNECIDO PELO CBMAM	47
GRÁFICO 1 - CURSO DO FOGO COM SUAS ETAPAS DE DESENVOLVIMENTO	22
GRÁFICO 2 - CURVA DE EVOLUÇÃO DE UM INCÊNDIO CELULÓSICO.....	24
QUADRO 1 - CLASSIFICAÇÃO QUANTO À OCUPAÇÃO	27
QUADRO 2 - CLASSIFICAÇÃO DAS EDIFICAÇÕES CONFORME ALTURA	27
QUADRO 3 - TIPOS DE SISTEMAS DE PROTEÇÃO POR HIDRANTE OU MANGOTINHO.....	28
QUADRO 4 - CLASSIFICAÇÃO DOS TIPOS DE SISTEMA E VOLUME DA RTI CONFORME OCUPAÇÃO	30
QUADRO 5 - MATERIAIS EXIGIDOS PARA CADA ABRIGO CONFORME TIPO DE SISTEMA	34

LISTA DE TABELAS

TABELA 1 - TIPOS DE MANGUEIRAS DE HIDRANTES SEGUNDO A NBR 11861	32
TABELA 2 - FATOR “C” DA FÓRMULA DE HAZEN-WILLIAMS.....	39
TABELA 3 - EQUIVALÊNCIA EM METROS DE CANALIZAÇÃO RETA DAS PERDAS DE CARGALocalizada EM CURVAS.....	40

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas

CBMAM – Corpo de Bombeiro do Estado do Amazonas

NBR – Norma Brasileira Regulamentadora

SCI – Sistema de Combate à Incêndio

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	13
2	OBJETIVOS	16
2.1	OBJETIVO GERAL	16
2.2	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	16
3	REFERENCIAL TEÓRICO	17
3.1	PROTEÇÃO CONTRA INCÊNDIO	17
3.2	CONCEITOS DE FOGO	17
3.3	FORMAS DE TRANSMISSÃO DE CALOR	18
3.4	DEFINIÇÃO DE INCÊNDIO	20
3.5	DINÂMICA DO FOGO E SEUS COMPONENTES.....	20
3.6	CLASSES DE INCÊNDIO	22
3.7	FASES E DESENVOLVIMENTO DO FOGO.....	23
3.8	SISTEMAS DE PROTEÇÃO CONTRA INCÊNDIO	24
3.8.1	Proteção passiva	25
3.8.2	Proteção ativa.....	25
3.9	CLASSIFICAÇÃO DA CLASSE DE OCUPAÇÃO E CLASSE DE RISCO.....	26
3.10	CLASSIFICAÇÃO DOS SISTEMAS DE HIDRANTES E MANGOTINHOS	28
3.11	COMPONENTES DO SISTEMA DE PROTEÇÃO CONTRA INCÊNDIO POR HIDRANTES.....	29
3.11.1	Reservatórios (Reserva Técnica de incêndio - RTI)	29
3.11.2	Sistema de bombeamento.....	31
3.11.3	Mangueiras para hidrantes	32
3.11.4	Abrigos ou caixas de incêndio	33
3.11.5	Tubulações hidráulicas para o sistema de hidrante.....	34
4	DIMENSIONAMENTO DOS SISTEMAS DE HIDRANTES	36
4.1	ROTEIRO PARA DIMENSIONAMENTO DE SISTEMA DE BOMBAS DE INCÊNDIO...	41
5	METODOLOGIA	44
6	APRESENTAÇÃO E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS	48
7	CONSIDERAÇÕES FINAIS	49
8	REFERÊNCIAS	50

1 INTRODUÇÃO

No contexto de Sistema de Combate a Incêndios em edificações no Estado do Amazonas necessita-se de um estudo aprofundado para classificação e Dimensionamento de Sistema de Hidrantes.

No passado houveram no Brasil grandes incêndios em edifícios altos e em locais de reunião de público, como tragédias da Boate Kiss ocorrido em Santa Maria no ano de 2013, do edifício Wilson Paes de Almeida em São Paulo no ano de 2018, do Museu Nacional em 2018 no Rio de Janeiro e no Centro de Treinamento do Flamengo ocorrido também no Rio de Janeiro em 2019, trouxeram impactos a sociedade nos últimos anos. No Estado do Amazonas não é diferente. Estatísticas do Centro de Operações e Controle do Corpo de Bombeiros do Amazonas – COBOM, trazem um aumento significativo nos casos de incêndio urbano no período de verão amazônico que vai de julho até o final do ano. Outro ponto a se destacar, dados da Diretoria de Atividades Técnicas – DAT do Corpo de Bombeiros Militar do Estado do Amazonas – CBMAM mostram que apenas 35% a 40% das edificações são regularizadas no estado. Tais dados trouxeram preocupações com a segurança contra incêndios nas edificações por parte dos governos federal, estadual e municipal.

As exigências legais para novas edificações são recentes, com cada estado responsável pela criação de normas adaptadas para edificações novas ou já existentes, com os parâmetros mínimos de segurança contra o fogo. Com isso, há uma enorme diversidade de legislações regulamentares que dificultam a elaboração e execução de projetos e a atividade dos profissionais em esfera nacional. No contexto local, as regulamentações do Estado do Amazonas são baseadas na Lei Nº 2812/2013 que trata do Sistema de Segurança Contra Incêndio e Pânico em Edificações e o Decreto estadual nº 24.054/2004 o qual regulamenta o Sistema de Segurança contra Incêndio e Pânico em Edificações e Áreas de Risco no Estado do Amazonas como também NBR 13.714:2000 – Sistemas de Hidrantes e de Mangotinhos para combate a Incêndio e Instrução Técnica Nº22/2019 de São Paulo que traz parâmetros mínimos para os Sistemas de Hidrantes.

Para elaboração de projetos de hidrantes, livros como Instalações Hidráulicas de Combate a Incêndios nas Edificações, do autor Telmo Brentano, são baseados exatamente na NBR 13.714:2000 e nas Instruções Técnicas de São Paulo, portanto

importante base teórica e de acordo com as exigências regulamentares do CBMAM para elaboração de projetos de hidrantes.

Investigar como cumprir exigência do Corpo de Bombeiros para instalações de medidas de segurança de combate a incêndio em um depósito instalado no PIM, conforme legislação vigente será nossa proposta de trabalho.

A ciência, por definição, é uma constante mudança, que se adequa a novas tecnologias e inovações. As afirmações trazidas abaixo, ou seja, as hipóteses, serão confrontadas ao longo do trabalho.

Sistema de segurança contra incêndio e pânico caracterizado pela prevenção como condição para a execução de projetos;

Elaboração projeto técnico e submetê-lo a análise e posterior vistoria do Corpo de Bombeiros Militar do Estado do Amazonas – CBMAM; visando legalidade da edificação obedecendo normas técnicas previstas;

Combater ativamente sinistros em edificações com alto grau de risco mitigando perdas de vidas e patrimônio através de sistema de hidrantes eficiente.

Para elaboração dos projetos de prevenção contra incêndio e pânico é necessário estudar a legislação vigente que trata desse assunto e ter conhecimento na área. Ao construir um edifício, é de grande importância o processo de segurança contra incêndio e pânico que será elaborado.

Em cada edificação deve ser feita uma análise dos sistemas preventivos, pois cada lugar terá uma atividade desenvolvida de acordo com o risco apresentado durante a elaboração. No caso de edificações antigas, como não foi elaborado nenhum projeto, esta terá que se readequar, com isso trazem vários problemas para a implementação dos sistemas de hidrantes e mangotinhos, ocasionalmente sendo necessário realizar alterações na estrutura da edificação.

Os sistemas de hidrantes e mangotinhos são uma das várias medidas de segurança contra incêndio, e tem relevante importância nas edificações as quais ele é obrigatório, pois será capaz de controlar o princípio de incêndio ou até mesmo extingui-lo antes da chegada do Corpo de Bombeiros.

Com o intuito de desenvolvimento e aprovação do projeto do sistema de proteção contra incêndios, buscando a regularização da edificação junto ao CBMAM.

Adotar medidas de estudo, análise e planejamento das ações para proporcionar meios e condições de acesso controlando a extinção de incêndio, como

abastecimento de água para suprimento das operações de combate, conforme parâmetros de projeto.

Instituir critérios de prevenção a ocorrência de incêndios com instalações físicas apropriadas às finalidades que se destinam.

Trazer relevância acadêmica para nortear alunos para elaboração de projetos de hidrantes no Estado do Amazonas.

2 OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GERAL

Dimensionar um sistema de hidrantes de combate a incêndios para uma edificação de depósito em geral numa empresa do PIM, estabelecendo como referência a legislação vigente do Estado do Amazonas.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Fazer levantamento bibliográfico sobre a legislação vigente disposta a pesquisa;
- Descrever conceitos de incêndios e fogo, suas diferenças, métodos de extinção e propagação de calor.
- Discorrer sobre os aspectos do projeto e suas classificações conforme normas exigidas.
- Desenvolver sistema de hidrantes adequado apontando cálculos e dados levantados da edificação observando os parâmetros de projeto.

3 REFERENCIAL TEÓRICO

Este capítulo tem por objetivo apresentar uma abordagem acerca da literatura sobre incêndio, propagação de calor, fogo, conceituando as formas para serem desenvolvidos detalhadamente os principais sistemas de proteção e combate a incêndio que podem ser exigidos para a segurança de uma edificação, bem como um resumo das normas e leis a que se deve ter atenção no seu dimensionamento.

3.1 PROTEÇÃO CONTRA INCÊNDIO

Há milênios o homem convive com o fogo e o utiliza como um elemento auxiliar importante no seu dia a dia. Conseguir criá-lo, dominá-lo e utilizá-lo para aquecimento, iluminação, cozimento, gerar energia, etc., todavia, por vezes, o fogo foge do seu controle, transformando-se num incêndio que pode causar lesões, mortes e grandes prejuízos materiais. (Adaptado Brentano, 2016).

A vida moderna aumenta os riscos de incêndios pelas maiores concentrações humanas, edificações mais próximas e mais altas, concepções arquitetônicas que favorecem a propagação do fogo, materiais decorativos de fácil combustão e pela proliferação e concentração de máquinas e de equipamentos de toda espécie. (BRENTANO, 2016).

3.2 CONCEITOS DE FOGO

Nas definições do fogo pode-se citar a combustão que é uma reação química que consiste na combinação de materiais combustíveis (sólido ou líquido) com o comburente (oxigênio do ar), que quando ativado por uma fonte de calor (pequena chama, fagulha ou contato com uma superfície aquecida), inicia uma transformação química, o fogo, com a produção de mais calor, que propicia ao prosseguimento da reação, desencadeando um mecanismo reacional, chamado de reação química em cadeia. (BRENTANO, 2016).

Da definição conforme a Norma Brasileira Regulamentadora (NBR) nº 13.860 do dia 30 de junho de 1997 da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), o fogo é conceituado como sendo um processo de combustão caracterizado pela emissão de luz e calor.

3.3 FORMAS DE TRANSMISSÃO DE CALOR

Segundo Ferigolo (1977) é vital, tanto no estudo de prevenção quanto de extinção do fogo, conhecer como o calor pode ser transmitido. Essa transmissão de energia se processa através do ar atmosférico ou da própria estrutura do corpo combustível e dos líquidos e gases nas suas proximidades.

Conforme Çengel e Ghajar (2012), apresentam definições acerca das formas de transmissão de calor e massa:

- **Condução:** a transferência de calor se faz por contato direto entre um corpo e outro, de molécula em molécula, ou através de um meio intermediário, sólido, líquido ou gasoso que seja condutor de calor. Não há transferência de calor por condução através do vácuo e os sólidos são melhores condutores que os gases. (Ex.: barra de ferro levada ao fogo).

A Figura 1 ilustra a forma de propagação do fogo em um ambiente pelo processo de transferência de calor por condução.

Figura 1 - Transferência de calor por condução

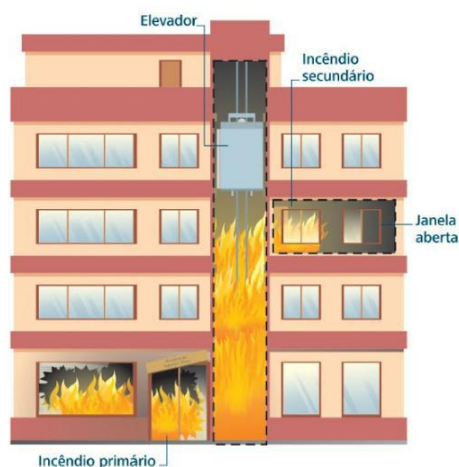


Fonte: Brasil (2014)

- **Convecção:** a transferência de calor se faz através de movimentos de fluidos. Uma massa de ar, ao ser aquecida, se torna mais leve, menos densa, e tende a subir para as partes mais altas do ambiente. Muitas vezes, essas massas de ar podem levar calor suficiente para que, ao ascenderem e se deslocarem horizontalmente em um ambiente fechado, iniciem o fogo em materiais combustíveis com os quais entrem em contato.

O fluxo de calor por convecção no interior de um ambiente pode ser observado na Figura 2.

Figura 2 - Fluxo de calor por convecção em um prédio de apartamentos



Fonte: Colégio Técnico Industrial de Santa Maria (CTISM, 2013)

Segundo Seito et al. (2008), os gases quentes como são menos densos tendem a ocupar a atmosfera superior enquanto que os gases frios tendem a ocupar a parte inferior do ambiente em chamas, originando assim o fluxo de calor por convecção, na qual os gases quentes entram em contato com as demais estruturas, transferindo o calor.

- Irradiação: a transferência de calor se faz por meio de ondas caloríficas que se deslocam através do espaço vazio. (Ex.: calor que recebemos do sol).

A Propagação de calor através de ondas de irradiação no interior de um ambiente pode ser observada na Figura 3.

Figura 3 - Transferência de calor por ondas de irradiação



Fonte: Colégio Técnico Industrial de Santa Maria (CTISM, 2013)

3.4 DEFINIÇÃO DE INCÊNDIO

Conhecer a definição de fogo e sua ciência permite distinguir entre o fogo e o incêndio propriamente dito.

Conforme a própria Norma Brasileira Regulamentadora (NBR) Nº 13860, tem-se que: “incêndio é o fogo fora de controle”. Pela International Organization for Standardization, ou Organização Internacional para Padronização, em português (ISO) 8421-1, tem-se que: “incêndio é a combustão rápida disseminando-se de forma descontrolada no tempo e espaço”.

Os incêndios produzem gases, chamas, calor e fumaça à medida que o combustível queima. Todas essas substâncias são altamente perigosas e ameaçadoras à saúde humana, e os gases liberados (monóxido de carbono, amônia, etc.) podem causar queimaduras, irritação nos olhos e danos respiratórios.

As principais causas de incêndio podem ser classificadas em três grupos. (FERIGOLO, 1977):

- Causas naturais: não dependem da vontade do homem. Ex.: raios, vulcões, terremotos, calor solar, combustão espontânea, etc.
- Causas acidentais: muito variáveis. Ex.: chamas expostas, eletricidade, balões, ratos, etc.
- Causas criminosas: fraudes para receber seguros, queima de arquivos, inveja, crimes passionais, piromania, etc.

3.5 DINÂMICA DO FOGO E SEUS COMPONENTES

Os produtos derivados da combustão geram consequências previsíveis no que tange a análise química e física da reação.

Para que haja a existência do fogo deve haver simultaneamente a concorrência de três elementos essenciais: material combustível, comburente (oxigênio do ar) e uma fonte de calor, isto forma o triângulo do fogo.

Para que haja a propagação deste fogo após a sua ocorrência, deve haver a transferência de calor, molécula a molécula, gerando uma combustão cíclica, e com isso, dando origem a um quarto elemento chamado de reação química em cadeia, onde com este último elemento passam-se a ter o quadrado do fogo, conforme a figura 4.

Figura 4 - Representação do tetraedro do fogo com a reação química em cadeia



Fonte: Manual de Técnico de bombeiro do Espírito Santo (2015)

As definições de cada componente do tetraedro do fogo são objetivamente elencadas abaixo:

- Combustíveis: são todos os materiais sujeitos à queima, ou seja, o que irá ser consumido pelas chamas, liberando energia, podendo ser sólidos, líquidos ou gasosos.

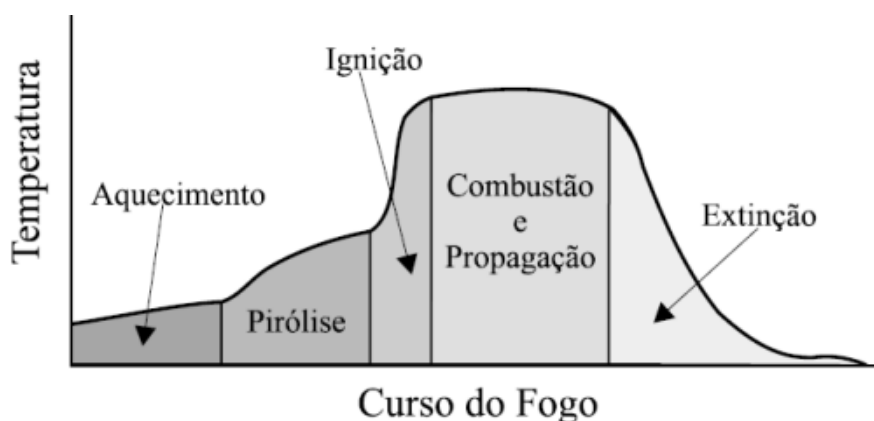
- Comburente: É todo elemento que, associando-se quimicamente ao combustível, é capaz de fazê-lo entrar em combustão, formando uma mistura inflamável. Em outras palavras, comburente é considerado o oxigênio presente no ar atmosférico. Para manter a ocorrência do fogo, o percentual de oxigênio presente no ambiente não pode ser menor que 18%, em volume.

- Calor: É a forma de energia que eleva a temperatura, gerada da transformação de outras energias, através de processo físico ou químico. se caracteriza como a energia de ativação necessária para que ocorra o fogo. É o agente provocador da reação química da mistura inflamável proveniente da combustão do combustível e do comburente.

- Reação em Cadeia: é uma transferência de calor de uma molécula do material em combustão para a molécula vizinha, ainda intacta, a qual irá aquecer e entrar em combustão, assim sucessivamente, até que todo material esteja em combustão.

No processo de queima dos materiais, incluindo os polímeros, podem ser divididos conforme mostra o gráfico 1.

Gráfico 1 - Curso do fogo com suas etapas de desenvolvimento



Fonte: Loughbrough (1991)

3.6 CLASSES DE INCÊNDIO

Para Brentano (2016), os fogos são classificados de acordo com o material combustível, e podem ser descritos em seis classes diferentes, que são: A, B, C, D, K e I.

Essa classificação foi elaborada pela Associação Nacional de Proteção a Incêndios/EUA (NFPA), e adotada pelas seguintes instituições: Associação Internacional para o Treinamento de Bombeiros/EUA (IFSTA), Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) e Corpos de Bombeiros/BR.

- Classe "A": o fogo em combustíveis sólidos como, por exemplo, madeiras, papel, tecido, borracha, etc. Esses materiais queimam em superfície e em profundidade e, em razão do seu volume, deixam resíduos após a combustão como cinzas e brasas. O melhor método de extinção é o resfriamento, principalmente pela ação da água, que é o mais efetivo agente extintor, e por abafamento, como ação secundária.

- Classe "B": o fogo em líquidos e gases inflamáveis ou combustíveis sólidos, como por exemplo, gasolina, óleo, querosene, gás liquefeito de petróleo (GLP), etc. É caracterizado por não deixar resíduos e queimar apenas na superfície exposta. O melhor método de extinção é por abafamento, pela quebra de reação química em

cadeia, sendo que o melhor agente extintor para esse caso é a espuma mecânica, podendo utilizar também, pó químico seco e gases.

- Classe “C”: fogo em materiais e equipamentos energizados, como, por exemplo, motores, transformadores, geradores, painéis elétricos, etc. Para a extinção de incêndios desta classe devem-se usar agentes limpos e o dióxido de carbono (CO₂) os melhores agentes para esta classe de incêndio.

- Classe “D”: fogo em metais combustíveis, como, por exemplo, magnésio, selênio, antimônio, lítio, potássio, alumínio fragmentado, zinco, titânio, sódio e zircônio e etc. É caracterizado pela queima em altas temperaturas e por reagir com agentes extintores comuns, principalmente se contem água. Para a extinção deste tipo de incêndio, exige-se técnica, equipamentos e agentes extintores de pó químico seco especial.

- Classe “K”: fogo envolvendo óleo vegetal e gordura animal, tanto no estado sólido ou líquido, tendo como exemplo de ambientes as cozinhas comerciais ou industriais. Essa classe é ainda pouco conhecida no Brasil, sendo que para a extinção deste tipo de incêndio, exigem-se agentes extintores que proporcionem uma ótima cobertura em forma de lençol de abafamento.

- Classe “I”: fogo envolvendo materiais radioativo e químico em grandes proporções, sendo necessários equipamentos e equipes altamente treinadas.

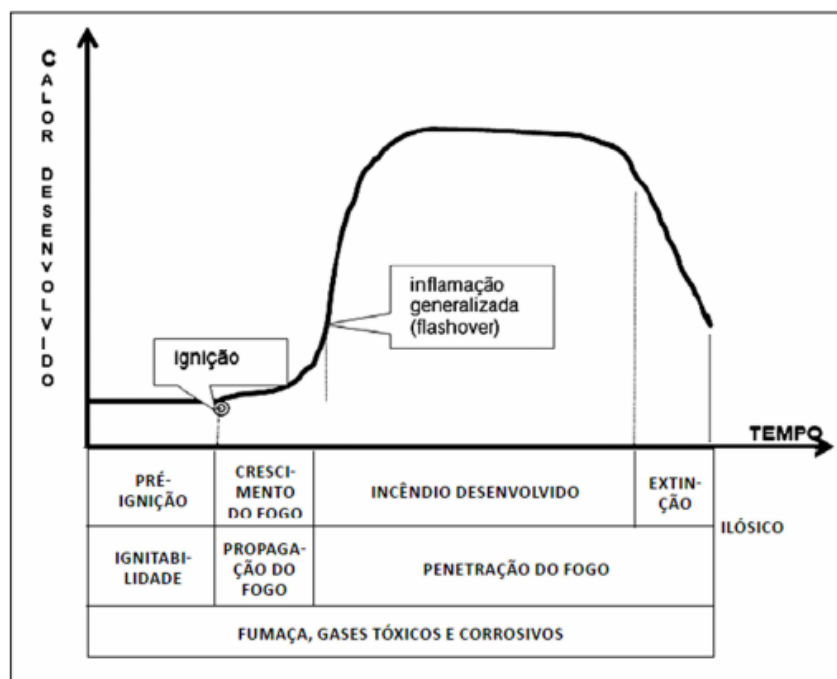
3.7 FASES E DESENVOLVIMENTO DO FOGO

Conforme Brentano (2010), o comportamento do fogo em um ambiente depende de vários fatores, destacando-se o tipo de ocupação, os materiais de revestimento e acabamento, da quantidade e tipo de mobiliário e equipamentos presentes no ambiente, bem como da ventilação atuante no ambiente. Esses fatores influenciam significativamente na forma de evolução do fogo, cujo início, desenvolvimento e propagação, apresentam velocidades e intensidade características.

Para Seito et al., (2008) a fase de aquecimento, pode ser dividida em duas etapas, a fase crescente e a fase desenvolvida constituído o gráfico temperatura x tempo em quatro estágios distintos. O incêndio inicia-se bem pequeno e seu crescimento dependerá dos materiais disponíveis e sua distribuição no ambiente. A

Gráfico 2 apresenta a curva de evolução do fogo em um incêndio celulósico de uma edificação, onde estão apresadas as quatro fases definidas por Seito et al. (2008).

Gráfico 2 - Curva de evolução de um incêndio celulósico



Fonte: Seito et al. (2008, p.44)

3.8 SISTEMAS DE PROTEÇÃO CONTRA INCÊNDIO

Como Uminski, 2003 conceitua:

O sistema de combate a incêndios sob comando através de hidrantes e mangotinhos é um conjunto de equipamentos e instalações que permitem acumular, transportar e lançar a água (agente extintor) sobre os materiais incendiados. O sistema é composto basicamente por reserva de incêndio, bombas de recalque, rede de tubulação, hidrantes e mangotinhos, abrigo para mangueira e acessórios e registro de recalque. É fundamental, que ao utilizar o sistema, a chave principal de energia da edificação ou setor seja desligada, a fim de evitar acidentes. (UMINSKI, 2003, p.28).

O sistema deverá ter condições de combater, com recursos próprios, focos de incêndio em todos os pontos da edificação, bem como oferecer uma opção de auxílio, no caso de necessidade, para o Corpo de Bombeiros.

Segundo Brentano (2010), os principais objetivos do Projeto de Prevenção e combate a Incêndio devem ser a proteção da vida humana, a proteção do patrimônio e, por último, a continuidade do processo produtivo.

Ainda segundo Brentano (2016), as medidas de proteção da edificação ao fogo podem ser classificadas em passivas e ativas.

3.8.1 Proteção passiva

As medidas de proteção passiva são aquelas tomadas durante a fase de elaboração de projeto arquitetônico e de seus complementares, com o objetivo de evitar ao máximo a ocorrência de um foco de fogo, e caso aconteça, reduzir as condições propícias para o seu crescimento e alastramento para o resto da edificação e para as edificações vizinhas. Podem-se citar como exemplos:

- Afastamento entre edificações;
- Segurança estrutural das edificações;
- Compartimentações horizontais e verticais;
- Controle da fumaça de incêndio;
- Controle dos materiais de revestimento e acabamento;
- Controle das possíveis fontes de incêndio;
- Saídas de emergência;
- Sistema de proteção contra descargas atmosféricas (SPDA);
- Brigada de incêndio;
- Acesso das viaturas do corpo de bombeiros junto à edificação.

3.8.2 Proteção ativa

As medidas de proteções ativas também podem ser chamadas de medidas de combate, são aquelas tomadas quando o fogo já está ocorrendo. São sistemas que devem ser acionados e operados, de forma manual ou automática, para combater o foco de fogo, com objetivo de extingui-lo ou, em último caso, mantê-lo sob controle até sua auto extinção, e também auxiliar na saída dos ocupantes da edificação com segurança e rapidez. Podem-se citar como exemplos:

- Sistema de detecção e alarme de incêndio – NBR – 17240
Sistema usado para identificar fontes de calor ou fumaça e acionar a central de alarme;
- Sistema de sinalização de emergência – NBR – 10898

- Sistema utilizado para orientação e direção em situações de sinistros;
- Sistema de iluminação de emergência – NBR – 10898
Sistema utilizado para necessidade de manter as saídas e acessos de emergências iluminados por tempo mínimo de 60 minutos;
 - Sistema de extintores de incêndio – NBR – 12693
Sistema utilizado para extinguir princípios de incêndios;
 - Sistema de hidrantes ou mangotinhos – NBR – 13714
Sistema dimensionado para combater incêndios;
 - Sistema de chuveiros automáticos (“sprinklers”) – NBR – 10897
Sistema dimensionado para combater incêndios sem ação humana. A partir do acionamento do sistema de detecção e alarme, o sistema de chuveiros é acionado automaticamente pela central de alarme;
 - Sistema de gases limpos ou CO² - NBR – 12232
Sistemas aplicados a locais cujo emprego de água, de imediato, ou outros agentes extintores, seja desaconselhável em virtude de riscos decorrentes de sua utilização ou para aqueles locais cujo valor agregado dos objetos ou equipamentos seja elevado.

3.9 CLASSIFICAÇÃO DA CLASSE DE OCUPAÇÃO E CLASSE DE RISCO

Para a classificação de qualquer edificação, deve-se primeiro considerar as atividades que serão realizadas no espaço, bem como o tipo de materiais estruturais, materiais de acabamento para o projeto e os materiais a serem atribuídos na área ou de acordo com o projeto definição.

Segundo Brentano (2016), para se determinar as medidas de proteção necessárias para uma edificação, ela deve ser classificada segunda sua:

- Ocupação;
- Altura;
- Área;
- Carga de incêndio.

Esta classificação é importante, porque a partir dela serão definidas as condições construtivas de prevenção à eclosão de foco de fogo na edificação e os equipamentos necessários para o combate efetivo caso ele ocorra.

Conforme Decreto estadual nº 24.054/2004 do Estado do Amazonas o qual regulamenta o Sistema de Segurança contra Incêndio e Pânico em Edificações e Áreas de Risco no Estado do Amazonas traz, em seus anexos, as classificações de Ocupação, Altura da edificação e carga de incêndios e regulamenta definições para projetos. Abaixo temos o Quadro 1 que traz a classificação da edificação conforme a ocupação.

Quadro 1 - Classificação quanto à Ocupação

Anexos				
Tabela 1 – Classificação das edificações e áreas de risco quanto à ocupação.				
Grupo	Ocupação/Usu	Divisão	Descrição	Exemplos
A	Residencial	A-1	Habitação unifamiliar	Casas térreas ou assobradadas (isoladas e não isoladas) e condomínios horizontais
		A-2	Habitação multifamiliar	Edifícios de apartamento em geral
		A-3	Habitação coletiva	Pensionatos, internatos, alojamentos, mosteiros, conventos, residências geriátricas. Capacidade máxima de 16 leitos
B	Serviço de Hospedagem	B-1	Hotel e assemelhado	Hotéis, motéis, pensões, hospedarias, pousadas, albergues, casas de cômodos e divisões A3 com mais de 16 leitos. E assemelhados
		B-2	Hotel residencial	Hotéis e assemelhados com cozinha própria nos apartamentos (incluem-se apart-hotéis, hotéis residenciais) e assemelhados
C	Comercial	C-1	Comércio com baixa carga de incêndio	Armarinhos, tabacarias, mercearias, fruteiras, butiques e outros
		C-2	Comércio com média e alta carga de incêndio	Edifícios de lojas de departamentos, magazines, galerias comerciais, supermercados em geral, mercados e outros
		C-3	Shoppings centers	Centro de compras em geral (shopping centers)

Fonte: AMAZONAS, 2004

Da mesma forma, classifica-se a altura da edificação conforme Decreto.

Quadro 2 - Classificação das edificações conforme altura

Tipo	Denominação	Altura
I	Edificação Térrea	Um pavimento
II	Edificação Baixa	$H \leq 6,00$ m
III	Edificação de Baixa-Média Altura	$6,00$ m < $H \leq 12,00$ m
IV	Edificação de Média Altura	$12,00$ m < $H \leq 21,00$ m
V	Edificação Mediamente Alta	$21,00$ m < $H \leq 30,00$ m
VI	Edificação Alta	Acima de $30,00$ m

Fonte: AMAZONAS, 2004

Para fins de dimensionamento dos meios de combate a incêndios, conforme art. 7º do decreto estadual, os riscos serão classificados em:

- Baixo risco – até 300MJ/m²;
- Médio risco – entre 300 e 1200MJ/m²;
- Alto risco – acima de 1200MJ/m².

3.10 CLASSIFICAÇÃO DOS SISTEMAS DE HIDRANTES E MANGOTINHOS

O Corpo de Bombeiros do Estado do Amazonas faz uso das instruções técnicas do estado de São Paulo para fixar parâmetros de dimensionamento, instalação, manutenção, aceitação e manuseio, bem como as características, dos componentes de sistemas de hidrantes e/ou de mangotinhos para uso exclusivo no combate a incêndio em edificações.

A instrução técnica nº 22/2019 nos traz as aplicações das normas para os Sistemas de hidrantes e de mangotinhos para combate a incêndio.

Nesta IT, os tipos de sistemas de hidrantes são classificados conforme Quadro 3 e traz parâmetros iniciais para dimensionamento.

Quadro 3 - 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 na válvula do hidrante mais desfavorável (mca)
		DN (mm)	Comprimento (m)			
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
	65	65	30	simples	300	30
5	65	65	30	duplo	600	60

Fonte: Corpo de Bombeiros do Estado de São Paulo (CBMESP, 2019)

Da IT – 22/2019 o tipo de sistema deve ser dimensionado em função de cada ocupação e a bomba de incêndio deve atender os maiores valores de pressão e vazão.

3.11 COMPONENTES DO SISTEMA DE PROTEÇÃO CONTRA INCÊNDIO POR HIDRANTES

Nesta fase, tem por objetivo listar os principais componentes que formam o sistema de proteção contra incêndio por hidrantes, os quais seguem abaixo:

- Reservatório técnico de Incêndio;
- As bombas principais elétrica ou a combustão e a bomba jockey para manter o sistema pressurizado;
- As tubulações;
- Os hidrantes e mangotinhos e suas partes constituintes (Comprimento das mangueiras, diâmetro das mangueiras, tipo e diâmetro dos esguichos e diâmetro da rede de tubulação).

3.11.1 Reservatórios (Reserva Técnica de incêndio - RTI)

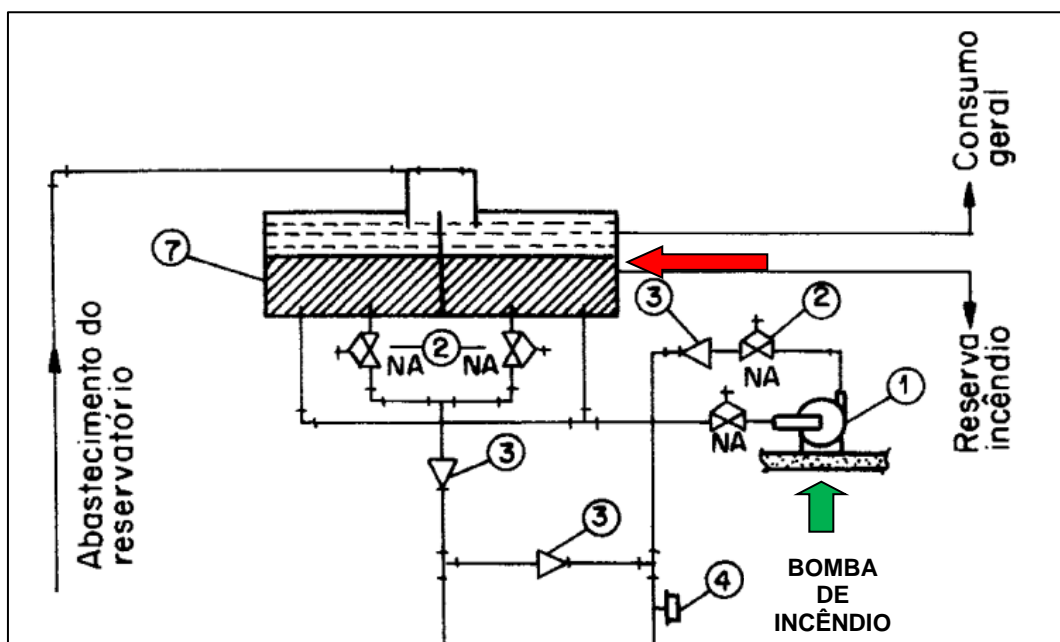
Destinado a armazenar uma quantidade de água que, efetivamente, deverá ser fornecida para o uso em combate a incêndio. Poderão ser elevadas, no nível do solo, semienterradas ou subterrâneas, e devem obedecer a especificações de construção no Anexo A da NBR 13714/2000. (UMINSKI, 2003).

De acordo com a IT – 22/2019 as reservas de incêndio devem ser dimensionadas considerando a área total da edificação e o risco predominante.

Seu volume será calculado em função da vazão necessária na ponta dos esguichos e do tempo de funcionamento simultâneo dos dois esguichos mais desfavoráveis, exigido pela norma.

A Reserva Técnica de Incêndio (RTI) pode ter o mesmo reservatório usado para conter volume do consumo normal, desde que não seja possível o uso do volume da reserva técnica para o consumo normal da edificação. Na figura 5 abaixo, indicada pela seta vermelha, é a tomada de água para o consumo normal. Note que está acima da RTI, este volume não pode ser usado, exceto para combate a incêndio.

Figura 5 - Esquema de RTI conjugado com consumo geral



Fonte: Associação Brasileira de Normas Técnicas

O Quadro 4 abaixo traz os tipos de sistema de hidrantes e volume mínimo da RTI de acordo com a ocupação:

Quadro 4 - Classificação dos tipos de sistema e volume da RTI conforme ocupação

Área das edificações e áreas de risco	CLASSIFICAÇÃO DAS EDIFICAÇÕES E ÁREAS DE RISCO CONFORME TABELA 1 DO REGULAMENTO DE SEGURANÇA CONTRA INCÊNDIO				
	A-2, A-3, C-1, D-1(até 300 MJ/m ²), D-2, D-3 (até 300 MJ/m ²), D-4 (até 300 MJ/m ²), E-1, E-2, E-3, E-4, E-5, E-6, F-1 (até 300 MJ/m ²), F-2, F-3, F-4, F-8, G-1, G-2, G-3, G-4, H1, H-2, H-3, H-5, H-6; I-1, J-1, J-2 e M-3	D-1 (acima de 300 MJ/m ²), D-3 (acima de 300 MJ/m ²), D-4 (acima de 300 MJ/m ²), B-1, B-2, C-2 (acima de 300 até 1000 MJ/m ²), C-3, F-1 (acima de 300 MJ/m ²), F-5, F-6, F-7, F-9, F-10, F-11, H-4, I-2 (acima de 300 até 800 MJ/m ²), J-2 e J-3 (acima de 300 até 800 MJ/m ²) e K-1	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 e M-1	G-5, I-3, J-4, L-2, L-3 e M-7	
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 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 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
Acima de 10.000 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	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

Notas:

- 1) As ocupações enquadradas no sistema tipo 5 que possuírem a exigência de sistema de chuveiros automáticos, podem aplicar o sistema tipo 4;
- 2) As ocupações enquadradas no sistema tipo 5 e as ocupações enquadradas no sistema tipo 4, que não possuírem a exigência de sistema de chuveiros automáticos, mas que, por outras circunstâncias, tal sistema for instalado, podem aplicar, respectivamente, o sistema tipo 4 e o sistema tipo 3, com a RTI de um nível inferior no quadro acima;

Fonte: Corpo de Bombeiros do Estado de São Paulo (CBMESP, 2019)

Quando o reservatório atender a outros abastecimentos, as tomadas de água desses devem ser instaladas de modo a garantir o volume que reserve a capacidade efetiva para o combate.

É importante ressaltar que a norma determina o uso simultâneo de no mínimo dois hidrantes e que a vazão mínima deve atender os hidrantes ou mangotinhos menos favoráveis, aqueles que dispõem de menor pressão.

3.11.2 Sistema de bombeamento

Bombas são máquinas hidráulicas geratrizes ou operatrizes cuja finalidade é realizar o deslocamento de um líquido por escoamento. Elas transformam o trabalho mecânico que recebe para o seu funcionamento em energia, que é comunicada ao líquido sob as formas de energia de pressão e cinética.

Segundo Brentano (2016), consideram-se mais indicadas para combate a incêndio, as bombas centrífugas puras ou de escoamento radial, pois são compactas, confiáveis, seguras, de fácil manutenção e podem ser acionadas tanto por motores elétricos como por motores de combustão interna.

Quando o sistema de hidrantes ou de mangotinhos dispuser de mais de seis saídas (hidrantes), a fim de manter a rede devidamente pressurizada em uma faixa preestabelecida e, para compensar pequenas perdas de pressão, uma bomba de pressurização (jockey) deve ser instalada. Tal bomba deve ter vazão máxima de 20 L/min. Fica dispensada a instalação de bomba de pressurização (jockey) quando o reservatório de incêndio for elevado, independentemente da quantidade de saídas de hidrantes ou mangotinhos.

A figura 6 traz um exemplo de instalação de bomba de incêndio principal e bomba Jockey

Figura 6 - Bomba de incêndio e bomba jockey



Fonte: O próprio autor (2022)

3.11.3 Mangueiras para hidrantes

O comprimento máximo das mangueiras é de 30 metros para hidrantes no interior da edificação e de 60 metros quando usada externamente, e são encontradas nas medidas de 15, 20 e 30m de comprimento. Geralmente são usadas mangueiras de 15m nas caixas de incêndio e quando necessários mantém-se duas mangueiras com seus respectivos encaixes de modo a alcançar todos os pontos da edificação.

De acordo com a IT – 22/2019 a mangueira de incêndio para uso de hidrante deve atender às condições da NBR Nº 11861. Na tabela 1 abaixo, traz a classificação das mangueiras quanto ao tipo conforme parâmetros de pressão máxima e utilização.

Tabela 1 - Tipos de Mangueiras de hidrantes segundo a NBR 11861

Tipo	Pressão máxima		Característica	Utilização
	Kpa	mca		
1	980	100	-	Edifícios Residenciais
2	1370	140	-	Edifícios comerciais e industriais
3	1470	150	Boa resistência à abrasão	Instalações industriais
4	1370	140	Boa resistência à abrasão	Instalações industriais
5	1370	140	Boa resistência à abrasão e a superfícies quentes	Instalações industriais

Fonte: Brentano (2011)

3.11.4 Abrigos ou caixas de incêndio

Abrigos ou caixas de incêndio são compartimentos embutidos ou aparentes fixados nas paredes ou pilares, dotados de porta, destinados unicamente para armazenar e proteger contra as intempéries, vandalismo, furto e danos diversos que assim mesmo são muito comuns, as tomadas de incêndio e os demais equipamentos acessórios, como mangueiras de hidrantes, carretéis com mangotinhos, esguichos, etc., usados no combate a incêndios. Devem conter folgadoamente todos equipamentos e acessórios do hidrante, mangueiras, chaves e esguichos.

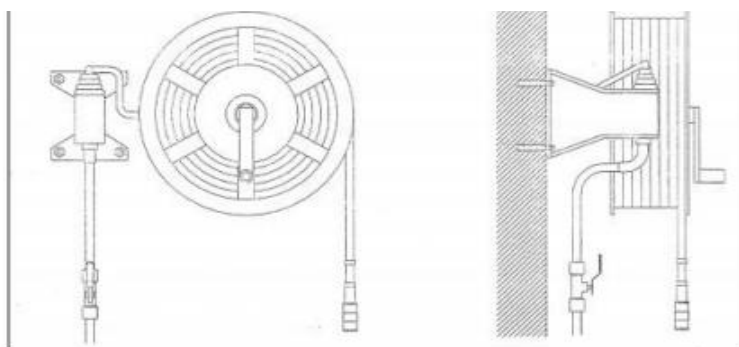
A figura 7 abaixo mostra exemplos de abrigos de mangueiras de embutir, área externa e industrial.



Fonte: O próprio autor (2022)

A figura 8 abaixo traz como deve ser instalado mangueiras de mangotinho em vista lateral e frontal.

Figura 8 - Mangotinho enrolado em suporte móvel, tipo carretel



Fonte: Brentano (2011)

O quadro 5 nos mostra os materiais exigidos para cada abrigo de mangueira.

Quadro 5 - Materiais exigidos para cada abrigo conforme tipo de sistema

Materiais	Tipos de sistemas				
	1	2	3	4	5
Abriço (s)	Opcional	Sim	Sim	Sim	Sim
Mangueira (s) 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
Chaves para hidrantes, engate	Não	Sim	Sim	Sim	Sim
Esguicho(s) avulso(s)	Não	Sim	Sim	Sim	Sim
Mangueira semirrígida com esguicho	Sim	Não	Não	Não	Não

Fonte: Corpo de Bombeiros do Estado de São Paulo (CBMESP, 2019)

Abaixo figura 9 pode-se ver mais alguns equipamentos que fazem parte da caixa de incêndio.

Figura 9 - Kit com esguichos, chave storz, adaptador storz



Fonte: O próprio autor (2022)

3.11.5 Tubulações hidráulicas para o sistema de hidrante

As redes de distribuição de água das instalações de combate a incêndio devem ser projetadas e executadas com canalizações e conexões fabricadas segundo as características técnicas previstas nas normas e, também, de acordo com a sua localização na edificação. (BRENTANO 2016).

A tubulação do sistema não deve ter diâmetro nominal inferior a DN65 (2 ½”), e para sistemas tipo 1 ou 2 pode ser utilizada tubulação com diâmetro nominal DN50 (2”), conforme IT 22.

Todo material previsto ou instalado deve ser capaz de resistir ao efeito do calor e aos esforços mecânicos, mantendo seu funcionamento normal.

Junto a tubulação pode-se citar alguns componentes que também fazem parte do sistema, como válvulas de bloqueio e retenção, bombas elétricas, a combustão e jockey (para fazer a pressurização da rede), cavalete de testes com manômetros e pressostatos, registros e válvula de alívio.

4 DIMENSIONAMENTO DOS SISTEMAS DE HIDRANTES

O sistema de hidrantes é exigido para edificações com área superior a 750 m², de acordo com as tabelas do Decreto Estadual 24.054/2004.

De acordo com a IT – 22/2019 o dimensionamento deve consistir na determinação do caminhamento das tubulações, dos diâmetros dos acessórios e dos suportes, necessários e suficientes para garantir o funcionamento dos sistemas previstos.

Os pontos de tomada de água devem ser posicionados de tal forma que atenda as seguintes exigências:

- Nas proximidades das portas externas, escadas e/o acesso principal a ser protegido, a não mais de 5 m;
- Em posições centrais nas áreas protegidas, devendo atender ao item anterior obrigatoriamente;
- Fora das escadas ou antecâmaras de fumaça.

Outro ponto importante da IT – 22 traz parâmetros para distribuição dos hidrantes conforme a seguir:

5.8.2 - Os hidrantes ou mangotinhos devem ser distribuídos de tal forma que qualquer ponto da área a ser protegida seja alcançado por um esguicho (sistemas tipo 1, 2, 3, ou 4) ou dois esguichos (sistema tipo 5), considerando-se o comprimento da(s) mangueira(s) de incêndio por meio de seu trajeto real e o alcance mínimo do jato de água igual a 10 m, devendo ter contato visual sem barreiras físicas a qualquer parte do ambiente, após adentrar pelo menos 1 m em qualquer compartimento.

A pressão de água máxima recomendada nos jatos de água do sistema é de 100 mca (metros de coluna d'água) ou 1000 kPa. Para se determinar esta pressão deve-se obter a perda de carga na tubulação, pois o sistema de canalização não é perfeito e apresentam peças especiais e conexões que elevam a turbulência, provocam atritos e causam choque de partículas. Assim, têm-se a perda de carga ao longo das canalizações, ocasionada pelo movimento da água na própria tubulação, e a perda de carga localizada ou acidental, provocadas pelas peças especiais e demais singularidades da instalação.

A velocidade da água no tubo de sucção deve ser calculada pela equação (4.1):

$$v = \frac{Q}{A} \quad (4.1)$$

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.

De acordo com a IT – 22, a velocidade máxima da água na tubulação não deve ser superior a 5 m/s, a qual deve ser calculada conforme equação indicada acima.

Em todo escoamento de água sob pressão numa canalização ou no dimensionamento de uma instalação com bombas, sempre deve ser determinada a queda de pressão, isto é, a perda de energia ou de carga, para escoar de um ponto a outro.

Na prática, divide-se o cálculo da perda de carga da água que escoar numa canalização em duas partes:

- *Perda de carga normais, lineares ou distribuídas*: causadas pelo atrito da água em movimento com as paredes internas ao longo dos trechos retos de canalização devido a sua rugosidade.

O cálculo hidráulico da somatória de perda de carga nas tubulações deve ser executado por métodos adequados para este fim, sendo que os resultados alcançados têm que satisfazer a uma das seguintes equações apresentadas:

- Equação de Darcy-Weisbach – fórmula geral para perda de carga conforme equação (4.2):

$$h_f = f \cdot \frac{L \cdot v^2}{D \cdot 2 \cdot g} + k \cdot \frac{v^2}{2 \cdot g} \quad (4.2)$$

Onde:

h_f é a perda de carga, em metros de coluna d'água;

f é o fator de atrito (diagramas de Moody e Hunter-Rouse);

L é o comprimento da tubulação (tubos), em metros;
D é o diâmetro interno, em milímetros;
v é a velocidade do fluido, em metros por segundo;
g é a aceleração da gravidade em metros por segundo, por segundo;
k é a somatória dos coeficientes de perda de carga das singularidades (conexões).

Conforme Brentano (2016), é utilizada para cálculo da perda de carga normal ou linear em qualquer tipo de escoamento (livre ou forçado), em qualquer regime de escoamento (laminar ou turbulento), de qualquer líquido que circula ao longo de uma canalização reta, de diâmetro e rugosidade uniformes. O valor de **f** não tem seu valor estabelecido por fórmulas, mas sim obtido de tabelas e gráficos originados de experiências práticas em laboratório, com valores intermediários interpolados.

- Equação de Hazen-Williams (4.3):

$$h_f = J \cdot L_t \quad (4.3)$$

Para Perda por metro conforme a equação (4.4):

$$J = 605 \cdot Q^{1,85} \cdot C^{-1,85} \cdot D^{-4,87} \cdot 10^4 \quad (4.4)$$

Onde:

hf é a perda de carga, em metros de coluna d'água;

Lt é o comprimento total, sendo a soma dos comprimentos da tubulação e dos comprimentos equivalentes das conexões;

J é a perda de carga por atrito em metros por metros;

Q é a vazão, em litros por minuto;

C é o fator de Hazen-Williams;

D é o diâmetro interno, em milímetros;

A tabela 2 traz fator de coeficiente de atrito “C” da equação (4.4) para as tubulações mais usadas em sistemas de hidrantes:

Tabela 2 - Fator “C” da fórmula de Hazen-Williams

Coeficiente "C" da fórmula de Hazen-Williams			
Material da canalização	Coeficiente de atrito "C"		
	Canalizações		
	Novas*	± 10 anos**	± 20 anos**
Ferro fundido ou dúctil, sem revestimento interno	100	-	-
Ferro fundido ou dúctil, com revestimento de cimento	140	120	105
Ferro fundido ou dúctil, com revestimento de asfalto	140	-	-
Ferro fundido, com revestimento de epoxi	140	130	120
Aço preto (para sistemas de canalização seca)	100	-	-
Aço preto (para sistemas de canalização molhada)	120	100	-
Aço galvanizado	120	100	90
Cobre ou aço inox	150	135	130
CPVC, polietileno, fibra de vidro com epóxi	150	135	130
Mangueira de incêndio (Hidrantes ou mangotinhos)	140	-	-

(*) Segundo a NBR 10.897:2007
(**) Segundo Azevedo Netto, 2000

Fonte: Brentano (2011)




Conforme Brentano (2016), Hazen-Williams é uma das fórmulas mais utilizadas para se determinar a perda de carga unitária do escoamento de água ao longo de uma canalização reta, com tradição de bons resultados e simplicidade de uso, inclusive recomendada pelas normas NBR 10.897:2014 e 13.714:2011 – Revisão e NFPA 13:2013.

- *Perda de carga localizadas, acidentais ou singulares:* causadas pelos choques das partículas de água entre si e contra as paredes, produzidos pela turbulência originada nas mudanças de direções do seu escoamento e pelo rápido acréscimo ou decréscimo da velocidade nas mudanças bruscas de diâmetro da canalização.

A forma mais simples e prática universalmente utilizada para a determinação das perdas de carga singulares é através do “método dos comprimentos equivalentes ou virtuais”, recomendado pela NBR 10.897:2014, NBR 5.626:1998 e NFPA 13:2013.

Os valores dos comprimentos equivalentes, para diferentes diâmetros e materiais, podem ser obtidos de tabelas fornecidas pelas Normas Brasileiras ou pelos fabricantes, conforme exemplo abaixo da Tabela 3.

Tabela 3 - Equivalência em metros de canalização reta das perdas de carga localizada em curvas

CONEXÃO	Diâmetro nominal X Equivalência em metros de canalização									
	MATERIAL	3/4"	1"	1 1/4"	1 1/2"	2"	2 1/2"	3"	4"	5"
Curva 90° 	PVC	0,5	0,6	0,7	1,2	1,3	1,4	1,5	1,6	1,9
	Metal	0,4	0,5	0,6	0,7	0,9	1,0	1,3	1,6	2,1
Curva 45° 	PVC	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0	1,1
	Metal	0,2	0,2	0,3	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,9
Joelho 90° 	PVC	1,2	1,5	2,0	3,2	3,4	3,7	3,9	4,3	4,9
	Metal	0,7	0,8	1,1	1,3	1,7	2,0	2,5	3,4	4,2

Fonte: Brentano (2011)

Segundo Brentano (2016), para sistemas com bombas principais de recalque e reservatório térreo, a energia necessária para que a água chegue à tomada de incêndio de hidrantes ou mangotinhos mais desfavoráveis com a pressão mínima requerida é fornecida totalmente pela bomba de recalque, a partir do reservatório.

Podem ter duas situações para a equação (4.5) abaixo:

$$h_{m_t} = h_A + h_{g_s} + h_{g_r} + h_{p_s} + h_{p_r} + h_{p_c} + h_{p_{mang}} + h_{p_{esg}} \quad (4.5)$$

Onde:

h_{m_t} = altura manométrica total (mca);

h_A = altura referente a pressão residual requerida no esguicho do hidrante (m);

h_{g_s} = desnível geométrico entre o fundo do reservatório inferior e o eixo da bomba (mca);

h_{g_r} = desnível geométrico entre o eixo da bomba de recalque e o ponto A (mca);

h_{p_s} = perda de carga na canalização de sucção (mca);

h_{p_r} = perda de carga na canalização de recalque (mca);

h_{p_c} = perda de carga na canalização do ramal de alimentação do hidrante (mca);

$h_{p_{mang}}$ = perda de carga na mangueira de hidrante (mca);

$h_{p_{esg}}$ = perda de carga no esguicho, quando se conhece seu fator de vazão k (mca);

- Bombas de sucção negativa: o reservatório está abaixo do nível do eixo da bomba (sucção negativa ou bomba de aspiração) a altura geométrica é positiva.

4.1 ROTEIRO PARA DIMENSIONAMENTO DE SISTEMA DE BOMBAS DE INCÊNDIO

- A vazão, conforme Quadro 3;
- Diâmetro da canalização de recalque;
- Diâmetro da canalização de sucção;
- Perda de carga nas canalizações;
- Altura manométrica total;
- Seleção do gupo motor bomba.

De acordo com a IT – 22/2019 a tubulação do sistema não deve ter diâmetro nominal inferior a DN65 (2 1 / (2) “).

Para sistemas tipo 1 ou 2 pode ser utilizada tubulação com diâmetro nominal DN50 (2”).

A IT – 22/2019 traz parâmetros para evitar o fenômeno da cavitação:

Nos casos de bombas de incêndio consideradas na condição de sucção negativa, item C.1.12 desta IT, deve ser calculado o net positive suction head (NPSH). Este deve ser maior ou igual ao NPSH requerido pela bomba de incêndio. Para cálculo do NPSH disponível na tubulação de sucção deve-se considerar 1,5 vezes a vazão nominal do sistema.

Para Brentano (2016), cavitação é o fenômeno que ocorre no interior da bomba e que provoca a queda do rendimento, vibração, trepidação, marcha irregular, ruídos, desgaste e erosão de pedaços do rotor e da canalização junto à entrada da bomba.

A condição para que não ocorra o fenômeno da cavitação na bomba deve ser verificada na seguinte relação:

$$NPSH_{DISPONÍVEL} > NPSH_{REQUERIDO} \quad (4.6)$$

$NPSH_{DISPONÍVEL}$ – é a energia mínima disponível que deve ser fornecida para água na entrada da bomba para não provocar o fenômeno da cavitação, que é dada pela diferença entre a pressão absoluta da água e a sua pressão de vapor, à temperatura normal de operação. Este parâmetro é determinado pelo projetista.

Para bomba de sucção negativa, da equação de Bernoulli resulta a equação (4.7):

$$NPSH_{DISPONÍVEL} = \frac{p_{atm} - p_v}{\gamma} - hg_s - hp_s \quad (4.7)$$

A folga de pressão da $NPSH_d$ deve ser de 0,5 mca maior, no mínimo segundo fabricantes, que a $NPSH_r$ (valor fornecido pelo fabricante). Em bombas de sucção positiva não há cavitação desde que sejam atendidas as condições preconizadas pela NBR10.897:2014.

De acordo com Brentano (2016), para dimensionamento do grupo motor bomba, pode-se fazer através de cálculo matemático da potência motriz ou através da seleção do grupo motor bomba com uso de gráficos e tabelas fornecidos pelos fabricantes.

A água para poder se deslocar entre dois pontos de uma instalação hidráulica necessita receber energia suficiente para realizar este trabalho. Quem fornece esta energia é o motor, que para isso precisa ter uma potência mínima para girar o rotor da bomba que, por sua vez, força o deslocamento da água de tal forma que possa vencer:

- A diferença de nível entre dois pontos;
- As perdas de cargas na trajetória da água;
- As dissipações de energia, tanto no motor como na bomba, traduzidas pelo rendimento;
- A carga de pressão mínima requerida (pressão residual) no ponto mais desfavorável da instalação conforme equação (4.8).

$$N = \frac{\gamma \cdot Q \cdot hm_t}{75 \cdot \eta} \quad (4.8)$$

Onde:

N = Potência motriz (cv);

γ = Peso específico da água;

Q = Vazão da bomba (m^3/s);

h_{mt} = Altura manométrica total (m);

η = Rendimento do grupo motor.

5 METODOLOGIA

O trabalho proposto consiste em uma revisão bibliográfica e documental acerca do tema “Classificação e Dimensionamento de Sistema de Hidrantes”, e foi elaborado com base em livros de diversos autores, bem como consultas a normas, leis, Instruções Técnicas e decretos para descrever.

Este trabalho propõe descrever características do dimensionamento de um projeto de hidrantes para um sistema de combate à Incêndio de um depósito de risco baixo, à luz da legislação do Estado do Amazonas, estabelecendo uma relação entre os parâmetros utilizados na NBR 13.714:2011 – Revisão e a IT 22/2019 do CBMESP. Trazendo um levantamento dos dados da edificação como área, altura da edificação e qual uso a que se destina.

Após a identificação e análise de tais dados, buscou-se explicar o Sistema de Hidrante mais apropriado, com uma pesquisa bibliográfica na legislação vigente e em livros como Instalações Hidráulicas de Combate a Incêndios nas Edificações, do autor Telmo Brentano os quais nortearam a base de aprofundamento do conhecimento, levando a uma análise de projeto correta e confiabilidade da pesquisa.

Conforme (Cabral de Azevedo, et al.), o estudo de caso é adotado como procedimento em pesquisas exploratórias e pesquisas explicativas, como forma de identificar os fatores que determinam ou contribuem para a ocorrência dos fenômenos, explicando suas causas, e em pesquisas descritivas para descrever comportamentos de determinada população ou fenômeno.

Diante do exposto, o Corpo de Bombeiros Militar do Estado do Amazonas – CBMAM fornece ao projetista uma planilha do tipo (.xls) no endereço eletrônico: <http://sisgat.cbm.am.gov.br/conteudos/ver/analise-de-projetos-processos-do-tipo-pscip-documentacao-necessaria> (item 15), modelo de Memorial de Cálculo do Sistema de Hidrantes, de forma prática no qual irá ser elaborado conforme a seguir, um projeto de Sistema de Hidrantes para um depósito, visto que, tal memorial é um documento assinado pelo projetista e indispensável para aprovação do Projeto de Sistema de Combate à Incêndio – SCI.

O modelo de Memorial de Cálculo contempla todos os tipos de hidrantes exigidos na IT-22/2019 bem como vazão e pressão nas saídas das válvulas dos hidrantes mais desfavoráveis (H1 e H2), conforme IT-22/2019:

5.8.3 No dimensionamento de sistemas com mais de um hidrante simples deve ser considerado o uso simultâneo dos dois jatos de água mais desfavoráveis considerados nos cálculos, para qualquer tipo de sistema especificado, considerando-se, em cada jato de água, no mínimo as vazões obtidas conforme a Tabela 2 e condições do item 5.6.1.2.

5.8.4 O local mais desfavorável considerado nos cálculos deve ser aquele que proporciona menor pressão dinâmica na saída do hidrante.

Considerando para o estudo de caso um depósito com as seguintes classificações inseridas no Decreto 24.054/2004:

- Depósito (J-2 Depósitos com carga de incêndio até 300MJ/m², conforme Decreto 24.054/04);

- Altura da edificação (Térrea, conforme Decreto 24.054/04);

- Área superior a 750m²;

Do Quadro 4, temos:

- Sistema de Hidrante: Tipo 2;

- Reserva Técnica de Incêndio (RTI): 8m³;

Conforme Quadro 5, sistema de hidrante Tipo 2 exige-se:

- Abrigo de mangueiras;

- Mangueira tipo 2 (Conforme NBR 11861:1998);

- Chaves para hidrantes e engates;

- Esguichos reguláveis.

Conforme quadro 3, para hidrante tipo 2, exige-se:

- Esguicho regulável: DN40;

- Diâmetro interno da mangueira de incêndio: DN40;

- Comprimento da mangueira: 30m (pode ser duas de 15 m);

- Número de expedições (saídas de hidrante): simples;

- Vazão mínima na válvula de hidrante mais desfavorável: 150 l/mi;

- Pressão mínima na válvula do hidrante mais desfavorável: 30 mca.

Perda de carga normal na tubulação (comprimento linear da tubulação)

- De H1 até o ponto A: H1-A (comprimento linear da tubulação desde a válvula do hidrante H1 até ponto A – primeira bifurcação do ramal principal).

$$L_{\text{real}} = 3,5 + 35 = \mathbf{29,50m}$$

- De H2 até o ponto A: H2-A (comprimento linear da tubulação desde a válvula do hidrante H2 até ponto A – primeira bifurcação do ramal principal).

$$L_{\text{real}} = \mathbf{3,50m}$$

- De A até bomba de incêndio: A-BI (comprimento linear da tubulação desde o ponto A até a bomba principal).

$$L_{\text{real}} = 10+18+75+4,5+3,5 = \mathbf{111m}$$

- Da Bomba até a RTI: BI-RI (comprimento linear da bomba principal até a tomada principal da reserva de incêndio).

$$L_{\text{real}} = 2,5+5 = \mathbf{7,50m}$$

Perda de carga Localizada na tubulação (conforme tabela 8)

Material: cobre

Diâmetro da tubulação: DN65

- De H1 até ponto A: H1-A

Válvula globo = 38m (1 unidade)

Joelho 90° = 3,7m (2 unidades)

Tê passagem direta = 2,4m (1 unidade)

$$L_{\text{virtual}} = 38+7,4+2,4 = \mathbf{47,80m}$$

- De H2 até ponto A: H2-A

Válvula globo = 38m (1 unidade)

Joelho 90° = 3,7m (1 unidades)

Tê saída lateral = 7,8m (1 unidade)

$$L_{\text{virtual}} = 38+3,7+7,8 = \mathbf{49,50m}$$

- De A até a bomba: A-BI

Válvula globo = 38m (1 unidade)

Joelho 90° = 3,7m (5 unidades)

Tê passagem direta = 2,4m (2 unidades)

Tê saída lateral = 7,8m (1 unidade)

Válvula de retenção horizontal (tipo leve) = 8,2m (1 unidade)

$$L_{\text{virtual}} = 38+18,5 +4,8+8,2 = \mathbf{69,50m}$$

- Da bomba até a RTI: BI-RI

Joelho 90° = 3,7m (2 unidades)

Válvula de retenção horizontal (tipo leve) = 8,2m (1 unidade)

Entrada de canalização normal = 1,6m (1 unidade)

$L_{\text{virtual}} = 7,4 + 8,2 + 1,6 = 17,20\text{m}$

De acordo com Memorial de cálculo fornecido pelo CBMAM para dimensionamento cálculo de hidrante, temos:

Figura 10 – Recorte do Memorial de cálculo de hidrante fornecido pelo CBMAM

Trecho	Vazão lpm	P _{válvula} mca	D (mm)	L _{real}	L _{virtual}	L _{total}	C _{tubo} =	J _{unit}	J _{total}	elevação m	v (m/s)	P _{montante} mca
H1-A	150	30,01	65	39,50	47,80	87,3	150	0,009	0,78	-3,50	0,753	27,30
H2-A	151	30,41	65	3,50	49,50	53,00	150	0,009	0,48	-3,50	0,758	27,40
B-A	301	27,40	65	111,00	61,30	172,30	150	0,033	5,61	4,50	1,512	37,50
BI-RI	301	37,50	65	7,50	17,20	24,70	150	0,033	0,80	-4,50	1,512	33,81
										J total	NPSH	
										1,70	Não usado	
Bomba de Incêndio e RTI												
Reserva Técnica de Incêndio												
H _{man} =	33,81	mca										
Vazão =	301	l/min	(18,1	m ³ /h)	(X)		elevado			Volume:	8 m ³	
Pot =	5,0	cv			()		subterrâneo					
						()				ao nível do solo		

Fonte: Corpo de Bombeiros Militar do Amazonas (CBMAM).

Observa-se que para o estudo de caso apresentado, a potência mínima do grupo motor bomba para o sistema de hidrante deverá ser de **5cv**.

6 APRESENTAÇÃO E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

A pesquisa contempla os aspectos de um projeto de hidrantes de um depósito com risco baixo para a realidade legislativa exigida pelo Corpo de Bombeiros do Estado do Amazonas - CBMAM.

O resultado do dimensionamento mostra que o sistema atende satisfatoriamente para um grupo motor bomba de 5cv e reserva técnica de Incêndio mínima e exclusiva para o combate de 8m³, conforme preconiza o quadro 4, constante na IT – 22/2019, atendendo os riscos existentes na edificação.

O resultado traz margem de segurança para atendimento da pressão e vazão mínima nos dois hidrantes mais desfavoráveis com cálculo de potência da bomba considerado para rendimento de 45%, conforme exigido pela IT 22/2019 e NBR 13714.

Cabe ressaltar que o CBMAM disponibiliza uma planilha de Memorial de Cálculo o qual facilita o dimensionamento para todos os sistemas de hidrantes classificados no quadro 5, visto na IT – 22/2019, e seu preenchimento corretamente, impresso e assinado pelo responsável técnico, é uma das condições para aprovação do projeto.

7 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Todo e qualquer projeto possui muitas particularidades. O engenheiro mecânico capacitado para elaboração de projeto de hidrantes deverá compreender e definir os parâmetros de projeto de acordo com a norma vigente no local onde será realizado o mesmo.

A partir dos resultados encontrados nesta pesquisa, entende-se que a sequência de classificação da edificação, o roteiro empregado para elaboração de projeto de hidrantes adotando medidas de estudo, análise e planejamento das ações conforme parâmetros de projeto e critérios de prevenção a ocorrência de incêndios, conforme pesquisa bibliográfica e de acordo com a legislação exigida pelo CBMAM, foram alcançados, cumprindo objetivo do trabalho.

Com o estudo de caso, busca-se facilitar a compreensão da sequência de cálculos e dimensionamento de projeto, mesmo com projetistas com pouca experiência. A planilha disponibilizada pelo CBMAM traz praticidade na entrada de dados e melhorias no processo de cálculo auxiliando o engenheiro na tomada de decisão de qual grupo motor-bomba utilizar para cada vazão e pressão definidas inicialmente.

Recomenda-se que sejam feitas pesquisas aplicadas e estudos bibliográficos para gerar conhecimentos de ações práticas às soluções de problemas específicos para a engenharia.

8 REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS NBR 13714. Sistemas de hidrantes e de mangotinhos para combate a incêndio. Rio de Janeiro, 2011 Revisão. _____ .NBR 12779. Mangueiras de incêndio – Inspeção, manutenção e cuidados. Rio de Janeiro, 2009.

_____. NBR 11861 Mangueira de incêndio – Requisitos e métodos de ensaio. Rio de Janeiro, 1998.

_____. NBR 13714 Sistemas de hidrantes e de mangotinhos para combate a incêndio. Rio de Janeiro, 2000.

_____.NBR 13860 Termos Técnicos relacionados à Incêndio - Laudos e Perícias. Rio de Janeiro, 1997.

AMAZONAS. Decreto estadual nº 24.054 de 1º de fevereiro de 2004. Regulamenta o Sistema de Segurança contra Incêndio e Pânico em Edificações e Áreas de Risco no estado do Amazonas. Amazonas, 2004.

BRENTANO, Telmo. A Proteção Contra Incêndio no Projeto de Edificações. 2.ed. Porto Alegre, 2010.

BRENTANO, Telmo. Instalações hidráulicas de combate a incêndios nas edificações. 5. ed. Porto Alegre: EDIPUCRS, 2016.

COLÉGIO TÉCNICO INDUSTRIAL DE SANTA MARIA. Transferência de calor e massa. Apostila. Santa Maria, 2013.

ÇENGEL, Yunus A. Ghajar, Afshin J. Transferencia de calor e massa. Porto Alegre: AMGH, 2012.

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

HOUGHTALEN, R. J; AKAN, A. O.; HWANG, N. H. Engenharia Hidráulica. Aõ Paulo: Pearson Education do Brasil, 2012.

SÃO PAULO. Instrução Técnica 22: Sistema de Hidrantes e Mangotinho. São Paulo, 04 de jul. 2019.

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

SEVERINO, Antonio Joaquim. Metodologia do Trabalho Científico. São Paulo: Cortez, 2007.

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