

**UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA
FACULDADE DE TECNOLOGIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL E
AMBIENTAL**

**ANÁLISE DO SISTEMA HIDRÁULICO DE COMBATE A
INCÊNDIO DA FACULDADE DE TECNOLOGIA DA
UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA E PROPOSTA DE
ATUALIZAÇÃO**

LETHICIA CHIMENDES SANTANA

ORIENTADOR: ARTHUR TAVARES SCHLEICHER

**MONOGRAFIA DE PROJETO FINAL EM ENGENHARIA
CIVIL**

BRASÍLIA/DF: MAIO/2022

**UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA
FACULDADE DE TECNOLOGIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL E
AMBIENTAL**

**ANÁLISE DO SISTEMA HIDRÁULICO DE COMBATE A
INCÊNDIO DA FACULDADE DE TECNOLOGIA DA
UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA E PROPOSTA DE
ATUALIZAÇÃO**

LETHICIA CHIMENDES SANTANA

**MONOGRAFIA DE PROJETO FINAL SUBMETIDA AO DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA
CIVIL E AMBIENTAL DA UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA COMO PARTE DOS REQUISITOS
NECESSÁRIOS PARA A OBTENÇÃO DO GRAU DE BACHAREL EM ENGENHARIA CIVIL.**

APROVADA POR:

**ARTHUR TAVARES SCHLEICHER, MESTRE (ENC/UNB)
(ORIENTADOR)**

**CLÁUDIA MÁRCIA COUTINHO GRUJÃO, DOUTORA, (ENC/UNB)
(EXAMINADORA INTERNA)**

**ELEUDO ESTEVES DE ARAUJO SILVA JUNIOR, DOUTOR (ENC/UNB)
(EXAMINADOR EXTERNO)**

BRASÍLIA/DF, 09 DE MAIO DE 2022.

FICHA CATALOGRÁFICA

CHIMENDES SANTANA, LETHICIA
ANÁLISE DO SISTEMA HIDRÁULICO DE COMBATE A INCÊNDIO DA FACULDADE DE TECNOLOGIA DA UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA E PROPOSTA DE ATUALIZAÇÃO

x, 54 p., (ENC/FT/UnB, Bacharel, Engenharia Civil, 2022)

Monografia de Projeto Final – Universidade de Brasília, Faculdade de Tecnologia.
Departamento de Engenharia Civil e Ambiental.

1. Hidráulica

2. Incêndio

3. Instalações

4. Hidrante

I. ENC/FT/UnB

REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

C. SANTANA, LETHICIA. (2022). *ANÁLISE DO SISTEMA HIDRÁULICO DE COMBATE A INCÊNDIO DA FACULDADE DE TECNOLOGIA DA UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA E PROPOSTA DE ATUALIZAÇÃO*. Monografia de Projeto Final, Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Universidade de Brasília, Brasília, DF, 65p.

CESSÃO DE DIREITOS

NOME DO AUTOR: LETHICIA CHIMENDES SANTANA

TÍTULO DA MONOGRAFIA DE PROJETO FINAL: ANÁLISE DO SISTEMA HIDRÁULICO DE COMBATE A INCÊNDIO DA FACULDADE DE TECNOLOGIA E PROPOSTA DE ATUALIZAÇÃO.

GRAU / ANO: Bacharel em Engenharia Civil / 2022

É concedida à Universidade de Brasília a permissão para reproduzir cópias desta monografia de Projeto Final e para emprestar ou vender tais cópias somente para propósitos acadêmicos e científicos. O autor reserva outros direitos de publicação e nenhuma parte desta monografia de Projeto Final pode ser reproduzida sem a autorização por escrito do autor.

LETHICIA CHIMENDES SANTANA

lethcsantana@gmail.com

RESUMO

A Faculdade de Tecnologia (FT) da Universidade de Brasília (UnB) tem seu abastecimento de água de forma direta, ou seja, não há reservatórios. Deste modo não há uma Reserva Técnica de Incêndio (RTI) deixando o edifício vulnerável em caso de incidência de incêndio e o sistema não ser capaz de atender às pressões e vazões necessárias para o combate ao incêndio até a chegada do corpo de bombeiros.

Nesse contexto, a finalidade desse estudo é analisar o atual sistema de combate a incêndio através da medição das pressões na rede hidráulica de combate à incêndio, assim como calcular a RTI e verificar a viabilidade do uso dos reservatórios inferiores localizados no Bloco F, propondo uma concepção de projeto de sistema hidráulicos de combate à incêndio para a edificação.

Para que fosse possível a realização das análises aqui propostas foi realizado o dimensionamento do sistema hidráulico de combate à incêndio por meio de hidrantes e mangotinhos e também de chuveiros automáticos, para assim obter às pressões e vazões necessárias para o funcionamento eficiente destes sistemas. Assim como, a realização do cálculo de do volume de RTI para cada um dos sistemas. Para a análise das pressões da rede hidráulica da FT foi instalado um manômetro por um período de 48h.

Os resultados do dimensionamento do sistema de hidrantes e mangotinhos foram condizentes com o existente na FT. Já o dimensionamento de sistema de chuveiros automáticos é uma sugestão de atualização para o sistema hidráulico de combate à incêndio. Ambos os dimensionamentos levaram à resultados de volumes de RTI maiores do que a capacidade dos reservatórios inferiores do Bloco F. Logo, estes não podem ser utilizados como RTI para toda a edificação.

As pressões medidas na rede hidráulica da FT foram satisfatórias para o sistema dimensionado, sendo ainda mais altas do que o recomendado de 40mca. Porém, é importante ressaltar, que durante o período de coleta dos dados a FT, devido à COVID-19 a grande maioria das aulas estavam remotas, diminuindo assim o fluxo de pessoas no edifício e consequentemente o consumo de água.

AGRADECIMENTOS

Agradeço à Deus e à Nossa Senhora!

Agradeço aos meus pais, Eduardo e Neide, por sempre acreditarem em mim e me apoiarem, por terem, através de muita luta, dedicação e amor, me proporcionado essa oportunidade da conclusão no curso superior que eu sempre desejei.

Ao meu irmão, Guilherme, agradeço pelas vezes que mesmo sem saber foi motivo de incentivo para que eu permanecesse firme.

Agradeço ao meu avô Antônio, que Deus o tenha, por todas as vezes em que me ouviu falar que queria cursar Engenharia Civil, fazia questão de me mostrar todos os projetos da casa que ele pretendia construir, era o incentivo mais singelo e puro possível.

Agradeço ao professor Arthur, por ter me orientado e me conduzido à conclusão deste projeto final, com muita paciência e tranquilidade, e por todo conhecimento compartilhado.

Aos amigos e familiares, que me acompanharam ao longo desse período, me acolheram e me incentivaram, meu muito obrigada!

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	1
2	OBJETIVOS	2
2.1	OBJETIVO GERAL.....	2
2.2	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	2
3	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	3
3.1	O FOGO	3
3.2	INCÊNDIO.....	4
3.2.1	PROPAGAÇÃO DO INCÊNDIO.....	4
3.2.2	PREVENÇÃO CONTRA INCÊNDIO	4
3.2.3	CLASSES DE INCÊNDIO	5
3.2.4	FORMAS DE EXTINÇÃO DO FOGO	5
3.3	SISTEMAS HIDRÁULICOS DE COMBATE A INCÊNDIO.....	6
3.3.1	SISTEMAS SOB COMANDO	6
3.3.1.1	COMPONENTES DOS SISTEMAS SOB COMANDO	8
3.3.2	SISTEMA AUTOMÁTICO	9
3.3.2.1	SISTEMA DE CHUVEIROS AUTOMÁTICOS (<i>SPRINKLERS</i>)	10
4	METODOLOGIA	12
4.1	ÁREA DE ESTUDO	12
4.2	CLASSIFICAÇÃO DA EDIFICAÇÃO	14
4.3	DEFINIÇÃO E DIMENSIONAMENTO DO SISTEMA HIDRÁULICO DE COMBATE A INCÊNDIO	15
4.3.1	DIMENSIONAMENTO DO SISTEMA DE HIDRANTES E MANGOTINHOS.....	15
4.3.2	DIMENSIONAMENTO DO SISTEMA DE CHUVEIROS AUTOMÁTICOS 23	
4.4	AVALIAÇÃO DAS PRESSÕES DOS SISTEMA HIDRÁULICO DA FT.....	30
5	RESULTADOS E DISCUSSÕES	32
5.1	RESULTADOS DO DIMENSIONAMENTO DO SISTEMA DE HIDRANTES E MANGOTINHOS	32
5.2	RESULTADOS DO DIMENSIONAMENTO DO SISTEMA DE CHUVEIROS AUTOMÁTICOS	38
5.3	AVALIAÇÃO DAS PRESSÕES DOS SISTEMA HIDRÁULICO DA FT.....	45

5.4 CARACTERIZAÇÃO DOS RESERVATÓRIOS DO LABORATÓRIO DE HIDRÁULICA E ESTRUTURAS	47
6 CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES	52
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	53

LISTA DE FIGURAS

Figura 3.1- Triângulo e quadrado do fogo. (Brentano, 2005)	3
Figura 3.2 – Elementos de um sistema de hidrante. Fonte: Macintyre, 2017	7
Figura 3.3– Sistema de mangotinho. (NBR 13714/2000)	7
Figura 3.4 – Sistema de abastecimento com reservatório superior e reservatório inferior. (Brentano, 2005)	9
Figura 4.1 - Imagem por satélite da Faculdade de Tecnologia. (Google Earth).....	12
Figura 4.2 – Planta baixa térreo da Faculdade de Tecnologia.....	13
Figura 4.3 – Planta baixa mezanino da Faculdade de Tecnologia.....	13
Figura 4.4 – Fluxograma das etapas do estudo.....	14
Figura 4.5 – Fluxograma de etapas de dimensionamento do sistema de hidrantes de mangotinhos.....	16
Figura 4.6 – Valores do coeficiente k para diversos tipos de singularidade. (Azevedo Netto, 2000)	19
Figura 4.7 – Fluxograma de etapas de dimensionamento do sistema de chuveiros automáticos por meio de cálculo hidráulico	24
Figura 4.8 – Curvas de densidade e área. (ABNT NBR 10897/2020)	26
Figura 5.1 - Planta de situação da rede geral de água da Faculdade de Tecnologia.....	33
Figura 5.2 - Mangotinhos instalados nos blocos A,B e C	34
Figura 5.3 – Mangotinhos instalados nos blocos A,D, E e F	35
Figura 5.4 –Áreas de cobertura dos chuveiros automáticos no pavimento térreo.	39
Figura 5.5 – Rede de chuveiros automáticos no Bloco D - Térreo	40
Figura 5.6 - Variação da pressão na rede em um período de 48h.....	46
Figura 5.7 – Locação dos reservatórios enterrados no Bloco F.....	47
Figura 5.8 – Planta baixa e vistas do Reservatório 1	48
Figura 5.9 – Planta baixa e vista do Reservatório 2	49
Figura 5.10 – Planta baixa e vistas do Reservatório 3.....	49
Figura 5.11 – Reservatório 1	50
Figura 5.12 – Reservatório 2	50
Figura 5.13 – Reservatório 3	51

LISTA DE TABELAS

Tabela 3.1 – Instalação obrigatória de chuveiros automáticos	11
Tabela 4.1 – Classificação das edificações quando à sua ocupação adaptada	14
Tabela 4.2 – Classificação do risco de incêndio com base nas ocupações e usos das edificações adaptada	15
Tabela 4.3 – Tipos de sistema	16
Tabela 4.4 – Vazão mínima nos esguichos.....	17
Tabela 4.5 - Valores do fator K para diversos diâmetros de orifícios de esguichos. (Brentano, 2005).....	17
Tabela 4.6 – Classificação do risco quanto à carga de incêndio	24
Tabela 4.7 – Áreas de cobertura máxima por chuveiro automático e distância máxima entre chuveiros automáticos (chuveiros automáticos tipo <i>spray</i> em pé e pendentes de cobertura padrão)	24
Tabela 4.8 – Valores do fator K para diversos diâmetros de chuveiros automáticos. Brentano.....	28
Tabela 5.1 – Altura manométrica total	37
Tabela 5.2 – Resultados da determinação de vazão e pressão no segundo chuveiro automático mais desfavorável.....	41
Tabela 5.3 – Resultados da determinação da vazão e pressão na conexão do sub-ramal I com o ramal, ponto A	43
Tabela 5.4 – Resultados da determinação da vazão que alimenta o sub-ramal II	43
Tabela 5.5 – Resultados dos procedimentos para determinação da pressão no ponto MB .	44
Tabela 5.6 – Resultados da determinação de perda de carga na canalização de sucção	44
Tabela 5.7 – Resultados da determinação do desvio geométrico total	45
Tabela 5.8 – Valores mínimos e máximos, e média de pressão a cada 24h	46

LISTA DE EQUAÇÕES

Equação (1).....	17
Equação (2).....	18
Equação (3).....	18
Equação (4).....	19
Equação (5).....	19
Equação (6).....	20
Equação (7).....	20
Equação (8).....	20
Equação (9).....	20
Equação (10).....	20
Equação (11).....	21
Equação (12).....	21
Equação (13).....	22
Equação (14).....	22
Equação (15).....	22
Equação (16).....	23
Equação (17).....	26
Equação (18).....	27
Equação (19).....	27
Equação (20).....	27
Equação (21).....	28
Equação (22).....	28
Equação (23).....	29
Equação (24).....	29
Equação (25).....	29
Equação (26).....	30
Equação (27).....	30

LISTA DE ABREVIACOES, SIGLAS E SÍMBOLOS

CAESB - Companhia de Saneamento Ambiental do Distrito Federal

CBMDF – Corpo de Bombeiros Militar do Distrito Federal

FT – Faculdade de Tecnologia

NBR – Norma Brasileira Regulamentadora

NT – Norma Técnica

RTI – Reserva Técnica de Incêndio

UnB – Universidade de Brasília

1 INTRODUÇÃO

A segurança contra incêndios nas edificações, décadas atrás, não era levada em consideração durante o planejamento dos projetos de edificações. O edifício da Faculdade de Tecnologia (FT) da Universidade de Brasília (UnB) foi construído entre os anos 1974 e 1977, em um período que antecede as normas técnicas referentes ao projeto de instalações prediais de combate a incêndio.

É importante elucidar que o atual sistema de distribuição de água da FT se dá por abastecimento direto, ou seja, todos os dispositivos hidráulicos são abastecidos diretamente pela rede pública. Deste modo, não há uma Reserva Técnica de Incêndio (RTI), conforme requerido pelos sistemas de combate a incêndio. A RTI tem como objetivo permitir o primeiro combate ao foco de incêndio, durante determinado tempo, para extingui-lo ou, então para mantê-lo sob controle até a chegada do Corpo de Bombeiros no local.

Um projeto de proteção e combate a incêndio tem como objetivo evitar a propagação do incêndio através do combate aos focos de incêndio de modo a proteger a vida da população e a propriedade. Para que seja possível a proposta de melhorias do sistema já existente, se faz necessária uma análise prévia da atual situação do sistema, tanto quanto a qualidade e funcionalidade dos dispositivos hidráulicos como do próprio abastecimento do sistema hidráulico de combate a incêndio como um todo.

Para que seja possível a elaboração do projeto de combate a incêndio em uma edificação se faz necessário o entendimento quanto ao comportamento dos incêndios. Pois, a partir do conhecimento dos elementos que são necessários para a ocorrência do fogo é possível direcionar uma proposta de medidas de proteção e combate a incêndio que melhor se adequem aos propósitos de proteção da vida e do patrimônio. Ao compreender os riscos da edificação é possível selecionar os sistemas que melhor se adequam à essa realidade.

Posto isto, o presente trabalho visa propor melhorias do sistema hidráulico de combate a incêndio no edifício da Faculdade de Tecnologia por entender que há a presença de diversas inconformidades com as normas vigentes e para que o sistema seja atualizado buscando uma maior eficiência para um acontecimento infortúnio de incêndio na edificação.

2 OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GERAL

Proposição de um projeto de sistema hidráulico de combate a incêndio para o prédio da Faculdade de Tecnologia da Universidade de Brasília – Campus Darcy Ribeiro.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Analisar o atual sistema de combate a incêndio;
- Calcular a Reserva Técnica de Incêndio (RTI) para o prédio da Faculdade de Tecnologia (FT), verificar a viabilidade do uso dos reservatórios inferiores localizados no Laboratório de Estrutura e Hidráulica e propor uma concepção de projeto de sistema hidráulico de combate a incêndio para a edificação.
- Verificar as pressões na rede hidráulica do atual sistema de combate a incêndio;

3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1 O FOGO

O fogo é um processo químico de transformação. Para que haja a ocorrência do fogo é necessário a ocorrência concomitante de três elementos essenciais, são eles:

- a) O combustível: toda matéria que esteja suscetível à queima. Pode ser sólido, líquido ou gasoso sendo que cada um destes estados possui mecanismos de ignição diferentes. A maior parte dos combustíveis sólidos, para entrar em combustão, devem ser primeiramente aquecidos, assim, liberando vapores combustíveis que se misturam com o oxigênio do ar gerando uma mistura inflamável. Já os líquidos combustíveis, ao serem aquecidos, vaporizam e se misturam com o oxigênio do ar formando assim uma mistura inflamável. Para entrar em combustão, os gases formam uma mistura inflamável com o oxigênio do ar, cuja concentração deve estar dentro de uma faixa ideal;
- b) O comburente: o elemento químico que ativa e conserva a combustão. Geralmente é o oxigênio presente no ar atmosférico; e
- c) O calor: este é o elemento que inicia, mantém e incentiva a propagação do fogo.

E para que haja a propagação do fogo, além destes três elementos essenciais deve haver a reação química em cadeia. A reação química em cadeia é a transferência de calor de uma molécula para outra do material combustível que ainda intactas, entram em combustão sucessivamente. O resumo do processo para geração do fogo é apresentado de forma esquemática na Figura 3.1

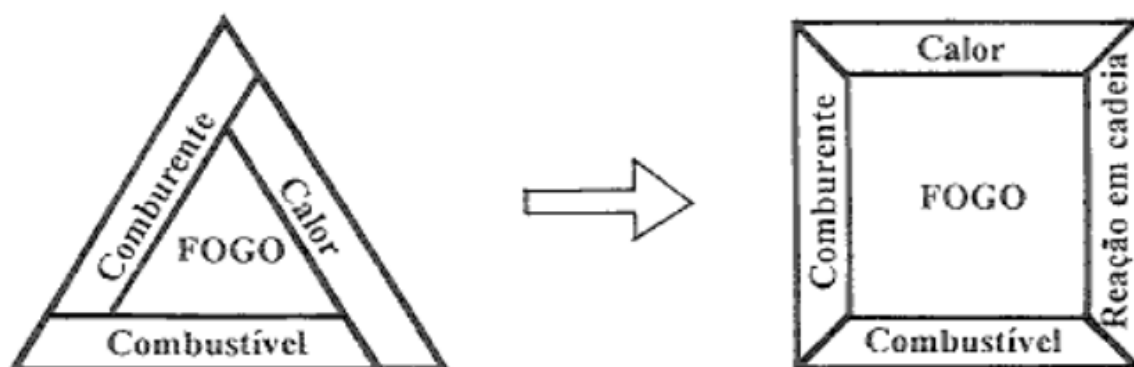


Figura 3.1- Triângulo e quadrado do fogo. (Brentano, 2005)

Na combustão, o material combustível combina-se com o comburente (oxigênio) quando ativado por uma fonte de calor, inicia uma transformação química que produz mais calor, que propicia o prosseguimento da reação ocasionando uma reação química em cadeia (Brentano, 2005).

3.2 INCÊNDIO

A NBR 13860/1997 define incêndio como sendo o fogo fora de controle. Deste modo, tem-se que esta conceituação deixa claro que o incêndio não é medido pelo tamanho do fogo, mas por quão descontrolado ele está.

3.2.1 PROPAGAÇÃO DO INCÊNDIO

A transmissão do calor está diretamente ligada aos fatores que contribuem para a propagação do fogo. Essa transmissão pode ocorrer das seguintes formas:

- Condução ou contato, ou seja, um material aquecido pelo fogo conduz calor até o outro, como por exemplo, as labaredas de fogo que passam de um pavimento para outro pela janela atingindo cortinas e outros materiais combustíveis.
- Convecção, de acordo com Ferigolo (1977), é a transmissão de calor através do movimento da matéria (através do meio circulante), gás ou líquido.
- Radiação, é a transmissão de calor por meio de ondas ou raios caloríficos através de um corpo aquecido, que irradia calor em todas as direções através do espaço.

Em um incêndio, geralmente, as três formas de propagação ocorrem simultaneamente embora, em determinado momento, uma delas seja predominante em relação as outras.

3.2.2 PREVENÇÃO CONTRA INCÊNDIO

A prevenção de incêndio é a ciência que estuda todas as medidas planejadas antes de ocorrer um incêndio, com vistas a evitar ou minimizar os efeitos deste (Becker, 2005).

A segurança contra incêndio precisa ser estudada sob o aspecto da proteção passiva e sob o aspecto da proteção ativa.

A proteção passiva é definida pela ABNT NBR 14432/2001 como o conjunto de medidas incorporado aos sistemas construtivos do edifício, sendo funcional durante o uso normal da edificação e que reage passivamente ao desenvolvimento do incêndio, não estabelecendo condições propícias ao seu crescimento e à propagação, garantindo a resistência ao fogo,

facilitando a fuga dos usuários e a aproximação e o ingresso no edifício para o desenvolvimento das ações de combate.

Já a proteção ativa é definida como o tipo de proteção contra incêndio que é ativada manual ou automaticamente em resposta aos estímulos provocados pelo fogo. A proteção ativa é composta basicamente das instalações prediais de proteção contra incêndio (por exemplo: chuveiros automáticos, detecção contra incêndio, brigada contra incêndio, iluminação de emergência, etc).

3.2.3 CLASSES DE INCÊNDIO

Os incêndios podem ser classificados, segundo a natureza dos materiais combustíveis, em quatro classes:

- Classe A: incêndios em materiais sólidos comuns, tais como madeira, papel, tecido, plástico e similares. Estes materiais queimam em superfície e profundidade, deixando resíduos após a combustão;
- Classe B: incêndios que ocorrem na mistura do ar com vapores que se formam na superfície dos líquidos combustíveis inflamáveis, tais como gasolina, álcool, óleo, solventes, GLP, e ainda, cera, graxas e similares. Estes queimam somente na superfície e não deixam resíduos;
- Classe C: incêndios em instalações e equipamentos eletroeletrônicos energizados, tais como motores, aparelhos elétricos, eletrônicos e similares; e
- Classe D: incêndios em metais combustíveis, chamados de pirofóricos, tais como sódio, titânio, urânio, magnésio, potássio, e outros materiais que exijam processos especiais de extinção.

3.2.4 FORMAS DE EXTINÇÃO DO FOGO

Para extinguir o fogo é necessário eliminar, no mínimo, um dos elementos formadores do fogo.

Cada material combustível tem suas características de combustão, exigindo, com isso, formas específicas para extinguir o fogo. O agente extintor utilizado deve ser apropriado, para que sua ação seja rápida e eficiente.

De acordo com o Art. 8 do Regulamento de Segurança Contra Incêndio e Pânico do Distrito Federal, os processos de extinção de incêndio são classificados como:

- a) Resfriamento: caracteriza-se pela retirada do calor do processo de combustão;
- b) Abafamento: caracteriza-se pela retirada ou isolamento do comburente, geralmente o oxigênio, do processo de combustão.
- c) Retirada do Material: caracteriza-se pela retirada do material combustível do processo de combustão;
- d) Extinção Química: caracteriza-se pela quebra da reação em cadeia.

3.3 SISTEMAS HIDRÁULICOS DE COMBATE A INCÊNDIO

Para se combater incêndios usando a água como agente extintor podem ser utilizados vários tipos de equipamentos, móveis ou fixos. Os móveis são constituídos por extintores de incêndio e os fixos por canalizações fixas na edificação, tendo como elementos de aspersão da água sobre o fogo os hidrantes, os mangotinhos, chuveiros automáticos e projetores ou bicos nebulizadores.

Deste modo, pode-se dividir entre sistemas sob comando e sistema automático.

3.3.1 SISTEMAS SOB COMANDO

Os sistemas sob comando caracterizam-se, de modo geral, por serem operados manualmente com mangueiras de incêndio, na ocorrência de um foco de incêndio. Estes sistemas são constituídos por pontos de tomadas de água localizados estrategicamente na área que deve ser protegida.

Segundo a NBR 13714/2000, os sistemas sob comando são divididos em:

- a) Sistema de hidrantes

Hidrante é o ponto de tomada d'água provido de registro de manobra e união tipo engate rápido. No interior dos prédios, é colocado na caixa de incêndio, juntamente com a mangueira e o esguicho.

As caixas de incêndio são colocadas na prumada da tubulação de incêndio em quantidade e locais tais que assegurem a possibilidade de combater o incêndio em qualquer ponto do pavimento onde se encontram, usando mangueiras de até 30m de comprimento, isto é, usando dois lances de 15 m engatados.

Cada hidrante em instalação de risco médio consta de:

- um registro de gaveta de 2 ½”;
- uma junta Storz de 2 ½” que permite a adaptação da mangueira do CB;
- uma redução de 2 ½” para 1 ½” para permitir a adaptação da mangueira colocada na caixa de incêndio, e que é operada pela população;

- mangueira de 1 ½”, com junta, esguicho e requinte (bico) de ½”.

Um sistema de hidrante está representado esquematicamente na Figura 3.2.

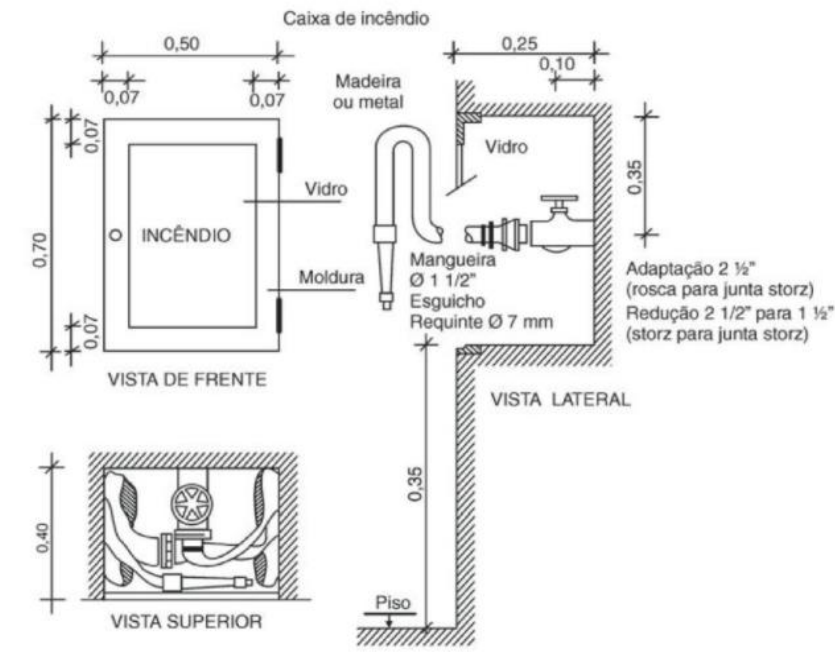


Figura 3.2 – Elementos de um sistema de hidrante. Fonte: Macintyre, 2017

b) Sistema de mangotinho

Sistema constituído por tomadas de incêndio, onde há uma saída de água simples, contendo válvula de abertura rápida permanentemente acoplada em uma mangueira semirrígida, com diâmetro nominal de 40mm, segundo a ABNT NBR 13714/2000, em cuja extremidade contém um esguicho regulável, conforme ilustrado pela Figura 3.3.

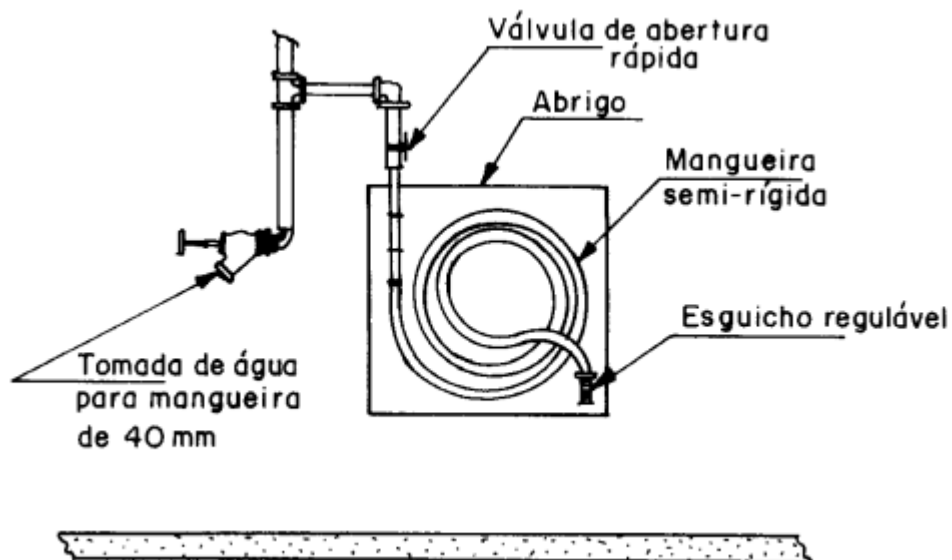


Figura 3.3– Sistema de mangotinho. (NBR 13714/2000)

3.3.1.1 COMPONENTES DOS SISTEMAS SOB COMANDO

Os sistemas sob comando podem ser abastecidos com água por reservatório superior ou inferior.

Os sistemas de hidrantes e mangotinhos, quando abastecidos por reservatório elevado ou superior, podem ter, ou não, a necessidade de um sistema de bombas, a depender da pressão mínima necessária para a funcionalidade do sistema e a posição do reservatório em relação à tomada de incêndio mais desfavorável.

A instalação, quando alimentada por reservatório superior é composta basicamente por:

- Reservatório superior;
- Válvulas de gaveta e de retenção;
- Dispositivos de acionamento de bombas;
- Coluna (s) de incêndio;
- Sistema de bombas (quando houver necessidade);
- Sistema de alarmes;
- Abrigos ou caixas de incêndio.

Já os sistemas sob comando abastecidos por reservatório inferior são compostos, basicamente, por:

- Reservatório inferior;
- Sistema de bombas de incêndio;
- Válvulas de retenção e de gaveta;
- Linhas de controle das bombas;
- Sistemas de alarmes;
- Coluna(s) de incêndio;
- Abrigos ou caixas de incêndio;
- Hidrante de recalque ou de passeio;

Na Figura 3.4 são apresentados os esquemas de sistemas com reservatório superior e reservatório inferior.

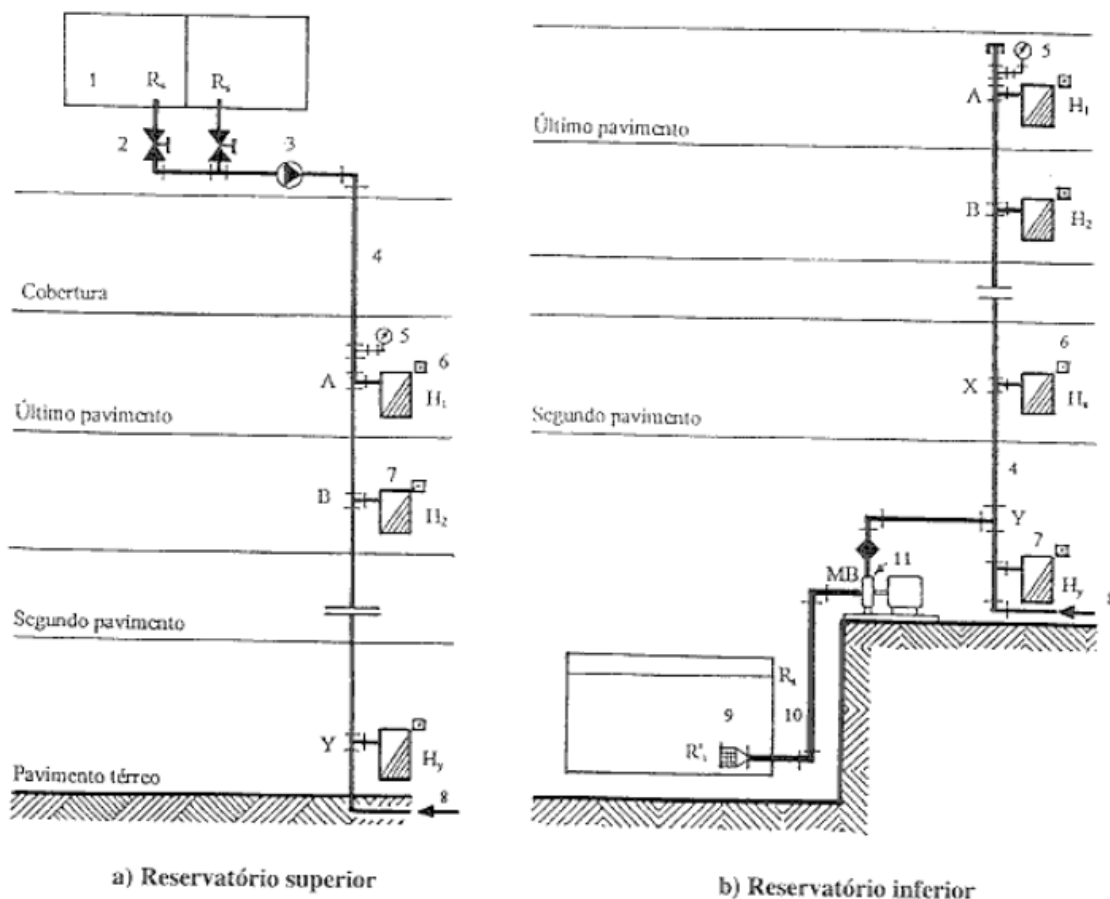


Figura 3.4 – Sistema de abastecimento com reservatório superior e reservatório inferior.

(Brentano, 2005)

3.3.2 SISTEMA AUTOMÁTICO

Um sistema automático de combate à incêndios consiste numa rede fixa de canalizações, com ramificações cujos diâmetros vão diminuindo à medida que se afastam da linha principal, nas quais são instalados os chuveiros ou bicos aspersores, projetores ou nebulizadores, com espaçamentos, vazões e pressões variando de acordo com o tipo de risco a ser protegido, que são acionados automaticamente por elementos sensíveis ao calor.

Nem sempre é possível usar chuveiros automáticos tendo a água como agente extintor, porque o uso dela pode ser perigoso ao contato com determinados produtos em combustão ou pode causar maiores danos que o próprio fogo, como os de origem elétrica, centrais telefônicas, certas matérias primas, CPDs, pisos falsos, fitotecas, cofres-fortes, museus, etc. Nestes casos, usam-se bicos nebulizadores, ligados a uma rede de canalizações, com agentes extintores como o gás CO₂, agentes sintéticos como os gases FE-13, FE-25, FE-36, FE-227, FM 200, Inergen, etc.

3.3.2.1 SISTEMA DE CHUVEIROS AUTOMÁTICOS (*SPRINKLERS*)

Brentano (2005) define como um sistema de chuveiros automáticos distribuídos por toda a edificação, ativados pelo calor do fogo, que descarregam água sobre a área de incêndio, com vazões, pressões e distanciamentos mínimos de acordo com o grau de risco determinado por norma, alimentados por uma rede de canalizações aéreas e subterrâneas com diâmetros compatíveis, a partir de um sistema de bombas de incêndio e reserva de água exclusivos.

A grande vantagem apresentada pelo sistema automático é que este não depende da ação de pessoas, além de acionar o alarme simultaneamente com sua entrada em ação, ter uma rápida ação de aspersão de água sobre o foco do incêndio e ter sua ação restrita à área de circunscrição do incêndio.

O sistema de chuveiros automáticos pode ser projetado com dois tipos de chuveiros:

- Sistema de chuveiros abertos ou sistema dilúvio: quando todos os chuveiros instalados são do tipo aberto, ou seja, são todos acionados simultaneamente por um sensor instalado no ambiente que deve ser protegido;
- Sistema de chuveiros automáticos: quando o chuveiro é acionado automaticamente por seu próprio sensor, que é sensível à ação do calor do fogo.

São elementos dos sistemas de chuveiros automáticos:

- A rede hidráulica de distribuição: formada por canalizações fixas localizadas após o sistema de controle e alarme, que alimenta os chuveiros automáticos. A rede hidráulica de distribuição pode ser aberta ou fechada. Na rede aberta, a água circula nos ramais somente num sentido suprindo os sub ramais, onde estão conectados os chuveiros automáticos, somente por uma das extremidades. Já na rede fechada os ramais estão ligados entre si de tal forma que podem ser alimentados com água pelas suas duas extremidades, reduzindo, assim, a queda de pressão devido à divisão dos escoamentos e os diâmetros das canalizações. A rede fechada pode ser em anel ou em grelha.
- Sistema de controle e alarme: sistema que controla o escoamento de água para a rede de distribuição através de válvulas especiais e aciona o sistema de alarme;
- Abastecimento de água: o sistema de chuveiros automáticos requer grandes reservas de água, obtida de fontes de abastecimento confiáveis, cujo volume mínimo necessário deve ser constante e estar permanentemente à disposição;

- Sistema de bombas: necessário quando o sistema de chuveiros automáticos não pode ser abastecido por gravidade, por não atender às condições mínimas de pressão e vazão requeridas por norma.

A Norma Técnica nº 1 do CBMDF apresenta uma classificação das edificações e áreas de risco por ocupação e uso sendo feita a divisão desta classificação em grupos.

Desta forma, as medidas de segurança contra incêndio, estabelecidas por esta NT, são exigidas conforme a ocupação e uso e grupo de modo que se faz obrigatório a instalação de chuveiros automáticos nas seguintes situações apresentadas na Tabela 3.1:

Tabela 3.1 – Instalação obrigatória de chuveiros automáticos

<p>Serviços profissionais a) Escritórios (grupo 09); b) Agências bancárias (grupo 10); c) Laboratórios e estúdios (grupo 11); d) Serviços de reparação (grupo 12).</p>	<p>Instalação quando a altura da edificação for superior a 12 m ou área superior a 5000 m². Instalação quando a edificação possuir vãos, com área superior a 3000 m², que não possuam compartimentação horizontal resistente ao fogo por no mínimo 02 horas, independente da altura da edificação.</p>
<p>Escolares a) Escolas em geral (grupo 13); b) Escolas especiais (grupo 14); c) Locais para cultura física (grupo 15); d) Pré-escolas (grupo 16); e) Escolas para portadores de necessidades especiais (grupo 17).</p>	<p>Instalação quando a altura da edificação for superior a 6 m ou área superior a 3000 m² para o grupo 17. Instalação quando a altura da edificação for superior a 12 m ou área superior a 5000 m², e quando a edificação possuir vãos, com área superior a 3000 m², que não possuam compartimentação horizontal resistente ao fogo por no mínimo 02 horas, independente da altura da edificação, para os demais grupos.</p>
<p>Concentrações de público a) Museus e bibliotecas (grupo 18); b) Templos religiosos (grupo 19); c) Centros esportivos e de exibição (grupo 20); d) Terminais de passageiros (grupo 21); e) Artes cênicas e auditórios (grupo 22); f) Clubes sociais (grupo 23); h) Restaurantes (grupo 25).</p>	<p>Para os grupos 18, 19, 20, 21 e 25, instalação quando a altura da edificação for superior a 12 m ou área superior a 5000 m². Para os grupos 22 e 23, instalação quando a altura da edificação for superior a 3m ou área superior a 3000 m².</p>

4 METODOLOGIA

4.1 ÁREA DE ESTUDO

Para o presente trabalho optou-se por uma metodologia de estudo de caso de uma das edificações da Universidade de Brasília (UnB). O edifício escolhido abriga a Faculdade de Tecnologia (FT) e foi projetado por Érico Paulo Siegmar Weidle e Adilson Costa Macedo. Construído entre 1974 e 1977. O conjunto da FT é composto por prédio principal, formado por blocos intercalados de jardins, e três blocos independentes: o Laboratório de Termociência e Metrologia Dinâmica, o Laboratório de Hidráulica e Estruturas e, ainda o mais recente, a Unidade de Laboratório de Ensino de Graduação da Faculdade de Tecnologia (ULEG), conforme é possível ver na Figura 4.1.

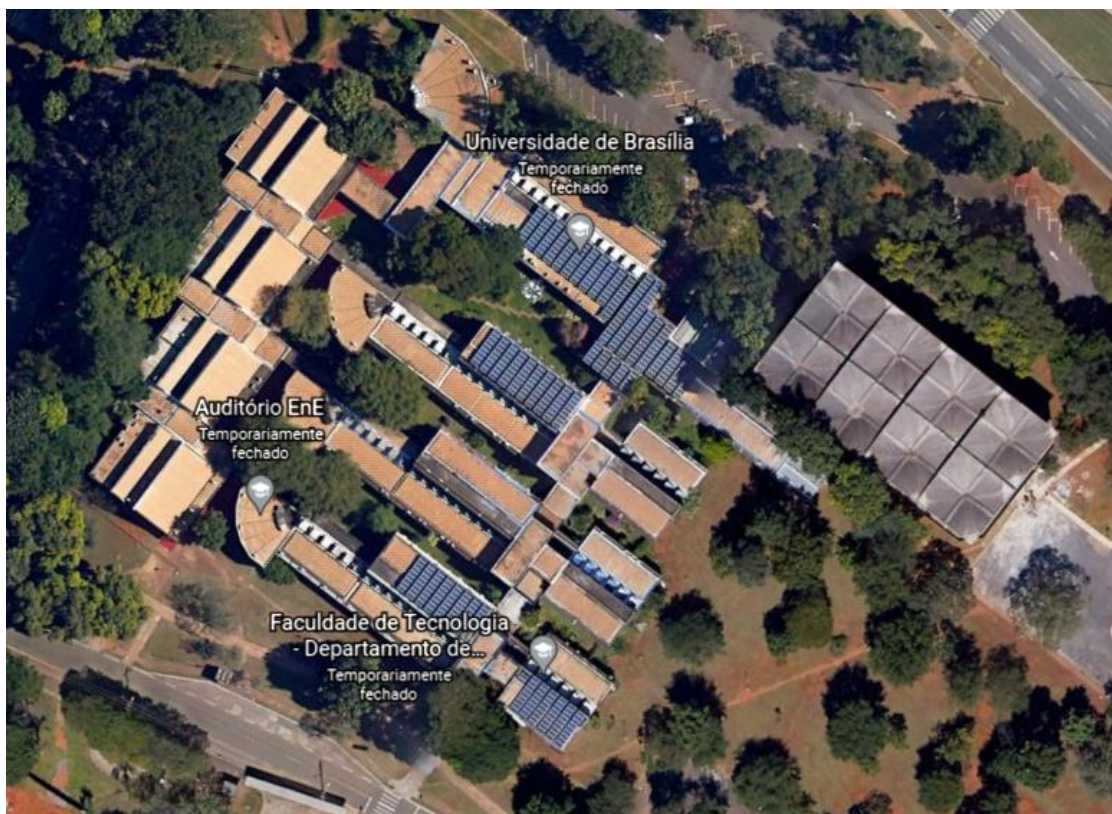


Figura 4.1 - Imagem por satélite da Faculdade de Tecnologia. (Google Earth)

O edifício da Faculdade de Tecnologia é composto por quatro unidades acadêmicas, são elas:

- Departamento de Engenharia Civil e Ambiental;
- Departamento de Engenharia Elétrica;
- Departamento de Engenharia Mecânica;

- Departamento de Engenharia de Produção.

Segundo dados apresentados no site oficial da Faculdade de Tecnologia da UnB, são mais de 200 docentes, cerca de 3.200 estudantes matriculados nos cursos de graduação e 1.100 estudantes nos programas de pós-graduação, deste modo, infere-se um público de cerca de 5000 pessoas circulando diariamente pelo edifício da FT.

Para a realização deste trabalho optou-se por trabalhar apenas com os Blocos A, B, C, D, E e F da Faculdade de Tecnologia, conforme identificado pela Figura 4.2 e pela Figura 4.3.

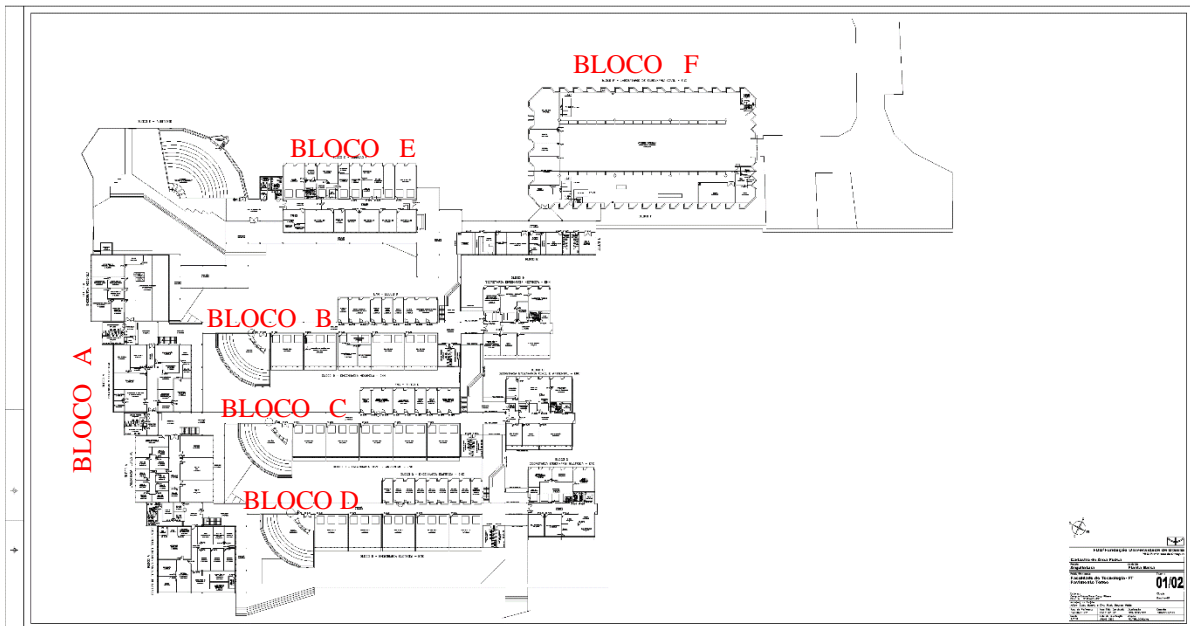


Figura 4.2 – Planta baixa térreo da Faculdade de Tecnologia

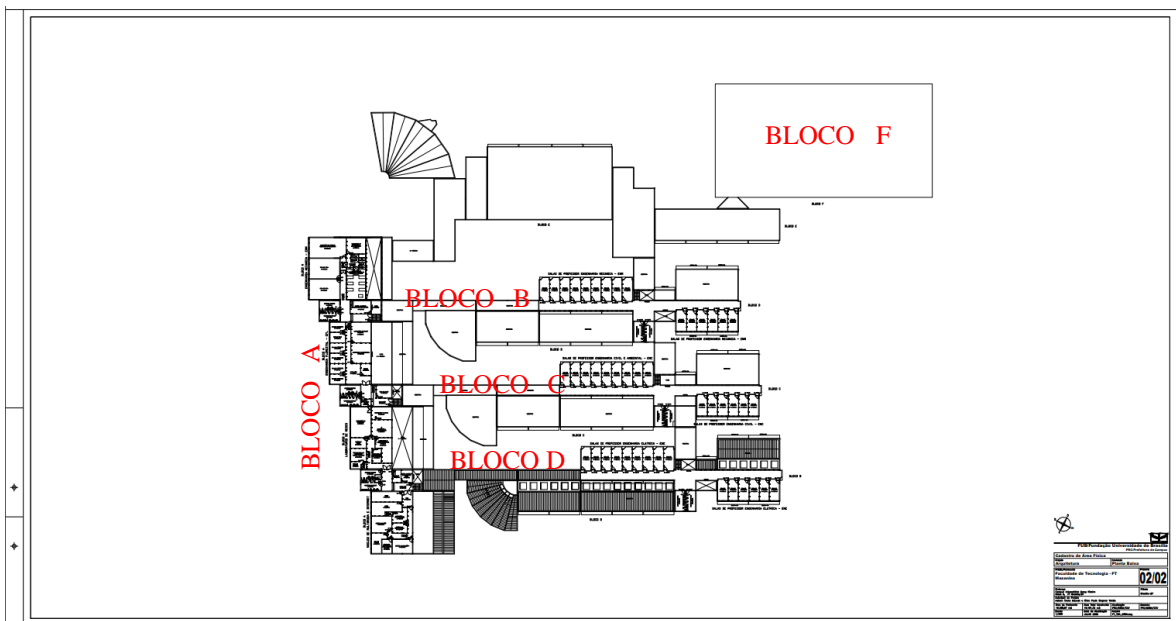


Figura 4.3 – Planta baixa mezanino da Faculdade de Tecnologia

A Figura 4.4 apresenta o fluxograma das etapas de estudo para o presente projeto.

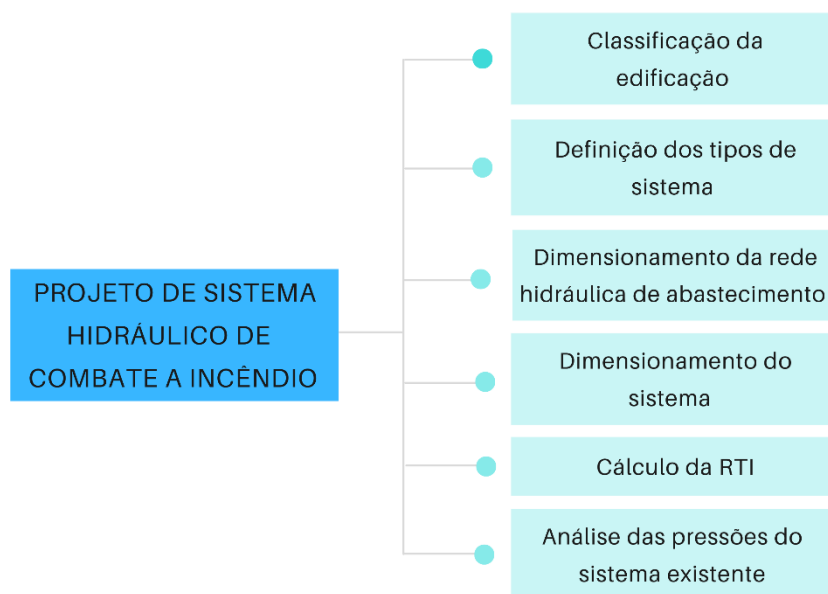


Figura 4.4 – Fluxograma das etapas do estudo

4.2 CLASSIFICAÇÃO DA EDIFICAÇÃO

Para a classificação de uso e ocupação da edificação tomou-se como base as normas técnicas do CBMDF a fim de guiar as etapas que se sucederão.

A Nota Técnica nº 01/2016 - CBMDF classifica as edificações quanto a ocupação, dividindo-as em grupos, conforme apresentando na Tabela 4.3 adaptada para apresentar o uso ao qual é possível classificar o objeto de estudo.

Tabela 4.1 – Classificação das edificações quando à sua ocupação adaptada

Ocupações/ usos	Grupo	Descrição	Exemplos
Escolares	13	Escolas em geral	- Escolas de ensino fundamental, médio e nível superior - cursos supletivos e pré-universitários
	14	Escolas especiais	- Escola de artes e artesanatos, de línguas, de cultura geral - escolas profissionais
	15	Locais para cultura física	- Academias de ginástica, musculação, natação, dança, e artes marciais - saunas, casas de fisioterapia
	16	Pré-escolas	- Creches - escolas maternas e de educação infantil
	17	Escolas para portadores de deficiências	- Escolas para excepcionais, deficientes visuais e auditivos

A Norma Técnica nº 02/2016 – CBMDF classifica o risco de incêndio com base nas ocupações e usos das edificações, conforme Tabela 4.4, adaptada para apresentar o risco de incêndio apenas das edificações usos educacionais.

Tabela 4.2 – Classificação do risco de incêndio com base nas ocupações e usos das edificações adaptada

Ocupação/ uso	Risco				
	Baixo		Médio		Alto
	A	B-1	B-2	C-1	C-2
Escolares	-escolas com área até 200 m ² , e: -academias de ginásticas, musculação, esportes e artes marciais.	-escolas com área superior a 200 m ² , e: -creches; -escolas maternas e de educação infantil -escolas profissionais; -escolas para idosos; -saunas.	-escolas para portadores de necessidades especiais.	-	-

4.3 DEFINIÇÃO E DIMENSIONAMENTO DO SISTEMA HIDRÁULICO DE COMBATE A INCÊNDIO

Para identificar se os reservatórios enterrados localizados no Laboratório de Hidráulica e Estrutura podem ser utilizados como reserva técnica de incêndio, foi feito o dimensionamento de sistemas ativos de combate à incêndio considerando o abastecimento por reservatório inferior, e não abastecimento direto como é atualmente. Com isso, foi possível identificar as pressões necessárias para o bom funcionamento do sistema. E posteriormente, identificar se o mesmo está adequado e se pode ser melhorado ou até mesmo alterado.

4.3.1 DIMENSIONAMENTO DO SISTEMA DE HIDRANTES E MANGOTINHOS

Para o dimensionamento, foi considerado o uso simultâneo de dois jatos de água dos hidrantes mais desfavoráveis hidráulicamente conforme item 5.3.3 da NBR 13174/2000. O dimensionamento do sistema de hidrantes pode ser feito pelas seguintes etapas indicadas na Figura 4.5.

ETAPAS DE DIMENSIONAMENTO DO SISTEMA DE HIDRANTES E MANGOTINHOS



Figura 4.5 – Fluxograma de etapas de dimensionamento do sistema de hidrantes de mangotinhos

a) Classificar a edificação:

Deve-se classificar a edificação em estudo conforme uso e ocupação e a classe de risco da ocupação. Etapa detalhada na seção 4.1.

b) Definir qual tipo de sistema a ser adotado:

Os sistemas de combate a incêndio sob comando se diferem quanto ao tipo de hidrante, podendo ser do tipo mangotinhos ou hidrante convencional. A Tabela 4.5 apresenta os tipos de sistema apresentados pela ABNT NBR 13714/2000. A escolha de cada um depende de vários fatores, tais como: custo da instalação, dificuldades de execução e reserva de água disponível (Brentano, 2005), assim como a classe de risco da ocupação.

Tabela 4.3 – Tipos de sistema

Tipo	Esguicho	Mangueiras		Saídas	Vazão l/min
		Diâmetro mm	Comprimento máximo m		
1	Regulável	25 ou 32	30	1	80 ou 100
2	Jato compacto Ø16 mm ou regulável	40	30	2	300
3	Jato compacto Ø25 mm ou regulável	65	30	2	900

c) Lançar a rede de hidrantes:

Esta etapa consiste em identificar as melhores posições para o lançamento das colunas e caixas de incêndio, respeitando as normas vigentes. Para a edificação escolhida como objeto de estudo, a FT, o lançamento da rede poderá ser dificultado por elementos estruturais já existentes, o que levará a um maior número de instalação de conexões e conseqüentemente uma maior perda de carga.

d) Determinar a vazão e a pressão mínima nos hidrantes mais desfavoráveis hidráulicamente:

A NT nº 4 do CBMDF exige uma vazão mínima nos esguichos conforme a Tabela 4.6 e a pressão mínima exigida na saída do requinte é de 1 kgf/cm² (10 m.c.a) tanto pela NT nº4 do CBMDF quanto pela NBR 13714/2000.

Tabela 4.4 – Vazão mínima nos esguichos

Classe de Risco	Vazão em l/min
A	140
B1	220
B2	300
C1	500
C2	750

A pressão residual ou dinâmica mínima necessária para produzir a vazão mínima no hidrante mais desfavorável da instalação, preconizada por norma, pode ser calculada pela Equação 01.

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

Onde:

P_{H1} = pressão residual ou dinâmica no hidrante 1, em m.c.a;

Q_{H1} = vazão no hidrante 1, em l/min;

K = fator de vazão do esguicho, variável de acordo com o diâmetro do orifício, em l/min. mca^{-1/2}

Os valores do fator K são apresentados na Tabela 4.5 para os diâmetros usuais de esguichos.

Tabela 4.5 - Valores do fator K para diversos diâmetros de orifícios de esguichos.

(Brentano, 2005)

Tipo de orifício	Diâmetro nominal		Fator K	
	mm	pol	l/min.mca ^{-1/2}	l/min.kPa ^{-1/2}
Esguichos de hidrantes	10,0	3/8	18,3	5,8
	13,0	1/2	32,5	10,3
	16,0	5/8	51,4	16,3
	19,0	3/4	73,8	23,4
	22,0	7/8	101	32
	25,0	1	132,3	41,9
	32,0	1 1/4	206,4	65,4

- e) Determinar o diâmetro do ramal de alimentação dos hidrantes mais desfavoráveis hidráulicamente:

Conforme NBR 13714/2000 o ramal de alimentação dos hidrantes deve ter, no mínimo, diâmetro nominal de 65 mm e para os sistemas de mangotinhos pode ser utilizada canalização de 50 mm e a velocidade máxima de escoamento da água é de 5 m/s.

Pode-se verificar a velocidade pela Equação 2.

$$V_{A1} = \frac{Q_{H1}}{A_{A1}} \quad (2)$$

Onde:

V_{A1} = velocidade de escoamento da água no ramal de alimentação do hidrante H_1 , em m/s;

Q_{H1} = vazão mínima do hidrante H_1 , o mais desfavorável da instalação, em m³/s;

A_{A1} = área da seção do ramal de alimentação do hidrante H_1 , em m².

- f) Determinar as perdas de carga nos ramais dos hidrantes mais desfavoráveis hidráulicamente:

A perda de carga no ramal de alimentação do hidrante pode ser calculada somando-se as perdas de carga no segmento da canalização, na válvula angular, na mangueira de hidrante e no esguicho (Brentano, 2005).

Brentano, indica que a perda de carga no segmento da canalização pode ser determinada pela fórmula de Hazen-Williams. Porém, é necessário atenção já que para diâmetros muito menores do que 100mm pode-se obter resultados não muito satisfatórios.

$$hp_c = \frac{10,65 \cdot Q_{H1}^{1,85} \cdot lt_c}{C^{1,85} \cdot d_c^{4,87}} \quad (3)$$

Onde:

hp_c = perda de carga no segmento de canalização do ramal do hidrante H_1 , em m;

Q_{H1} = vazão do hidrante H_1 , em m³/s;

l_{tc} = comprimento teórico da canalização, em m;

d_c = diâmetro interno da canalização do ramal, em m.

A perda de carga na válvula angular pode ser calculada utilizando-se a equação geral da perda de carga localizada.

$$h_{p_v} = k \cdot \frac{v_v^2}{2 \cdot g} \quad (4)$$

Onde:

h_{p_v} = perda de carga na válvula angular, em m;

v_v = velocidade na válvula angular, em m/s;

k = coeficiente próprio da singularidade, valor tabelado, adimensional;

g = aceleração da gravidade, em m/s^2 .

A Tabela 4.6 apresenta valores do coeficiente k para diversos tipos de singularidade.

Figura 4.6 – Valores do coeficiente k para diversos tipos de singularidade. (Azevedo Netto, 2000)

Singularidade	k	Singularidade	k
Joelho de 90°	0,90	Joelho de 45°	0,40
Curva de 90°, raio longo	0,40	Curva de 90°, raio médio	0,90
Curva de 45°, raio longo	0,20	Curva de 45°, raio médio	0,40
Entrada normal de canalização	0,50	Entrada de borda	1,00
Entrada com redução	0,10	Saída de canalização	1,00
Ampliação gradual	0,30	Redução gradual	0,30
Junção de 45°	0,50	Tê de passagem direta	0,60
Tê de saída lateral	1,30	Tê saída bilateral	1,80
Válvula de gaveta aberta	0,20	Válvula de globo aberta	10,00
Válvula de ângulo aberta	5,00	Válvula de retenção	2,50
Válvula de pé	1,75	Crivo	0,75
Válvula de pé com crivo	2,50	Bocal de saída	2,75

A velocidade na válvula angular pode ser calculada pela Equação 5.

$$v_v = \frac{Q_{H1}}{A_v} \quad (5)$$

Onde:

A_v = área da seção da válvula angular, valor predeterminado, em m^2 .

Para o cálculo da perda de carga na mangueira do hidrante pode-se utilizar a fórmula de Hazen-Williams, Equação 4. E para a determinação da perda de carga no esguicho também pode ser utilizada a expressão geral da perda de carga localizada, Equação 6.

Deste modo, a perda de carga no ramal do hidrante mais desfavorável pode ser calculada pela Equação 7.

$$hp_{A1} = hp_c + hp_v + hp_m + hp_{esg} \quad (6)$$

g) Determinar a pressão na conexão do ramal com a coluna de incêndio

O ponto A corresponde à conexão do ramal do hidrante H₁, o mais desfavorável da instalação, com a coluna de incêndio. Para se determinar a pressão no ponto A, considera-se a pressão residual dinâmica no hidrante, mais as perdas de carga de todo o trecho A-H₁, conforme Equação 7.

$$P_A = P_{H1} + hp_{A1} \quad (7)$$

h) Determinar o coeficiente de descarga na conexão do ramal com a coluna de incêndio

O fator de vazão K no ponto de conexão do ramal com o hidrante mais desfavorável da instalação, ponto A, é calculado neste ponto como se tivesse um hidrante aplicado com a mesma vazão do hidrante mais desfavorável, mas sob as condições de pressão do ponto inicial. O fator K é necessário para se fazer o balanceamento das pressões e vazões nas conexões dos ramais hidrantes com a coluna de incêndio, e é calculado pela Equação 8.

$$K = \frac{Q_{H1}}{\sqrt{P_A}} \quad (8)$$

Onde:

K = fator de vazão, em l/min.kPa^{-1/2};

Q_{H1} = vazão do hidrante H₁, em l/min;

P_A = pressão no ponto A, em mca.

i) Determinar a pressão na conexão do ramal do segundo hidrante mais desfavorável

A pressão na conexão do ramal do segundo hidrante mais desfavorável com a coluna de incêndio, ponto B, deve ser suficiente para que as vazões nos hidrantes 1 e 2 sejam atendidas, para funcionamento simultâneo, com os valores mínimos preconizados por norma.

Para se determinar a pressão P_B no ponto B basta adicionar à pressão P_A o desnível geométrico hg_{BA} entre os pontos B e A, mas a perda de carga hp_{BA} entre os dois pontos, conforme Equação (9).

$$P_B = P_A + hg_{BA} + hp_{BA} \quad (9)$$

j) Determinar a vazão no segundo hidrante mais desfavorável

O valor da vazão Q_{H2}, no hidrante H₂, é calculado pela Equação (10).

$$Q_{H2} = K \cdot \sqrt{P_B} \quad (10)$$

k) Determinar a vazão na coluna de incêndio

A vazão na coluna de incêndio, ou canalização de recalque, será igual ao somatório de todas as vazões dos hidrantes que foram projetados para funcionar simultaneamente.

l) Determinar a altura manométrica total

Para que a altura manométrica total hm_t , deve-se calcular:

- As perdas de carga na canalização de sucção $hp_{R'i-MB}$, que corresponde ao trecho que vai do ponto de referência no reservatório inferior R'i até a entrada da bomba, ponto MB;
- As perdas de carga na canalização de recalque hp_{MB-B} , que corresponde ao trecho que vai da bomba, ponto MB, até o ponto B que corresponde ao segundo hidrante H₂;
- O desnível geométrico $hg_{R'i-B}$ entre os pontos R'i e B.

Sendo assim, a altura manométrica total hm_t pode ser representada pela Equação 12.

$$hm_t = P_B + hg_{R'i-B} + hp_{R'i-MB} + hp_{MB-B} \quad (11)$$

Importante ressaltar que os tês passagem direta ou cruzetas, nos pontos de conexão à coluna de incêndio dos ramais dos demais hidrantes da instalação, não devem ser levados em consideração nos cálculos das perdas de carga no restante da canalização de recalque.

m) Determinar a vazão nos dois hidrantes mais favoráveis da instalação

A determinação da vazão nos dois hidrantes mais favoráveis da instalação se faz importante para que seja verificado se o diâmetro adotado para a coluna de incêndio é aceitável, assim como, verificar se a pressão no esguicho do hidrante mais favorável da instalação não ultrapassa o limite recomendado. A determinação da vazão nos hidrantes mais favoráveis também é importante para o cálculo do volume mínimo realmente necessário para a reserva técnica de incêndio.

Para calcular a pressão no hidrante H_{lab} é necessário primeiramente determinar a pressão no ponto Lab., conexão do ramal do hidrante à coluna de incêndio.

Para fins de cálculo, pode-se considerar a pressão no ponto Lab. como sendo equivalente à altura manométrica total do sistema, descontadas as perdas de carga na canalização de sucção e a diferença entre as cotas do nível da água do reservatório inferior e o hidrante mais favorável. Se as perdas de carga entre o sistema de bombas e o hidrante H_{lab} são significativas, elas devem ser consideradas no cálculo.

$$P_y = hm_t + hg_{R'i-lab} + hp_{R'i-MB} \quad (12)$$

Onde:

P_Y = pressão no ponto lab, em m;

hm_t = altura manométrica total, em m;

$hg_{R'i-lab}$ = altura geométrica entre os pontos Ri e lab, em m;

$hp_{R'i-MB}$ = perda de carga na canalização de sucção, trecho entre R'i e MB, em m.

A vazão no hidrante H_{lab} pode ser calculada pela Equação 14.

$$Q_{Hlab} = K \cdot \sqrt{P_Y} \quad (13)$$

Para o segundo hidrante mais favorável, o procedimento é análogo.

n) Verificar o diâmetro adotado para a coluna de incêndio

O sistema foi dimensionado considerando somente que dois hidrantes estarão em ação simultaneamente. Deve-se então analisar a velocidade de escoamento da água na canalização de recalque ou coluna de incêndio, considerando os dois hidrantes que apresentam as maiores vazões no sistema a fim de verificar se não ultrapassa a velocidade limite recomendada pela ABNT NBR 13714/2000, que é de 5 m/s. Caso essa velocidade não seja excedida, o diâmetro adotado é aceitável, caso contrário, deve-se aumentar o diâmetro da tubulação para o diâmetro comercial imediatamente superior.

A velocidade máxima na coluna de incêndio ocorrerá quando os hidrantes mais favoráveis da instalação entrarem em ação simultaneamente.

A vazão máxima da coluna de incêndio pode ser obtida através da Equação 15 e a velocidade máxima da água na coluna de incêndio através da Equação 16.

$$Q_{ct} = Q_{Hlab} + Q_{Hx} \quad (14)$$

$$v_{ct} = \frac{Q_{ct}}{A_{ct}} \quad (15)$$

o) Selecionar as bombas de incêndio

Os valores da pressão ou altura manométrica total e da vazão são os elementos mínimos necessários para se fazer a seleção do grupo motor-bomba de uma instalação hidráulica de combate a incêndios em edificações. Pode-se utilizar tabelas e gráficos disponibilizados pelos fabricantes.

p) Determinar o volume da RTI:

O volume da RTI foi determinado a partir dos dois hidrantes de maior vazão do sistema. Os valores fornecidos pelas normas levam em consideração a vazão mínima do hidrante mais desfavorável na instalação durante um determinado tempo mínimo de funcionamento do sistema, que nesse caso é de 60 minutos.

$$V_{RTI} = (Q_{Hy} + Q_{Hx}) \cdot T \quad (16)$$

Onde:

V_{RTI} = volume da reserva técnica de incêndio, em m³;

T = tempo mínimo de funcionamento do sistema, em min.

4.3.2 DIMENSIONAMENTO DO SISTEMA DE CHUVEIROS AUTOMÁTICOS

Para o dimensionamento do sistema de chuveiros automáticos pode-se usufruir de dois métodos segundo a NBR 10897/2020, o cálculo por tabela e o cálculo hidráulico. É importante ressaltar que segundo o item 8.4.2 da norma citada o cálculo por tabela só pode ser utilizado em novas instalações com área máxima de 465m², ou em ampliações ou modificações de sistemas existentes calculados por tabela. Deste modo, para o presente projeto, foi feito o cálculo hidráulico por se tratar de uma edificação com área superior a 465m² e ser um novo sistema.

O dimensionamento de um sistema de chuveiros automático por cálculo hidráulico consiste na determinação dos diâmetros nominais das canalizações, com base no cálculo das perdas de carga, para que seja aspergida uma certa vazão de água por metro quadrado, chamada densidade da água, sobre uma área, chamada área de aplicação, ambas determinadas por norma.

Apesar de existir duas formas de cálculo, algumas etapas são comuns aos dois métodos de cálculo, tais como os apresentados do item a) ao item e).

A Figura 4.7 apresenta um fluxograma das etapas para o dimensionamento do sistema de chuveiros automáticos por meio do cálculo hidráulico.

ETAPAS DE DIMENSIONAMENTO DO SISTEMA DE CHUVEIROS AUTOMÁTICOS

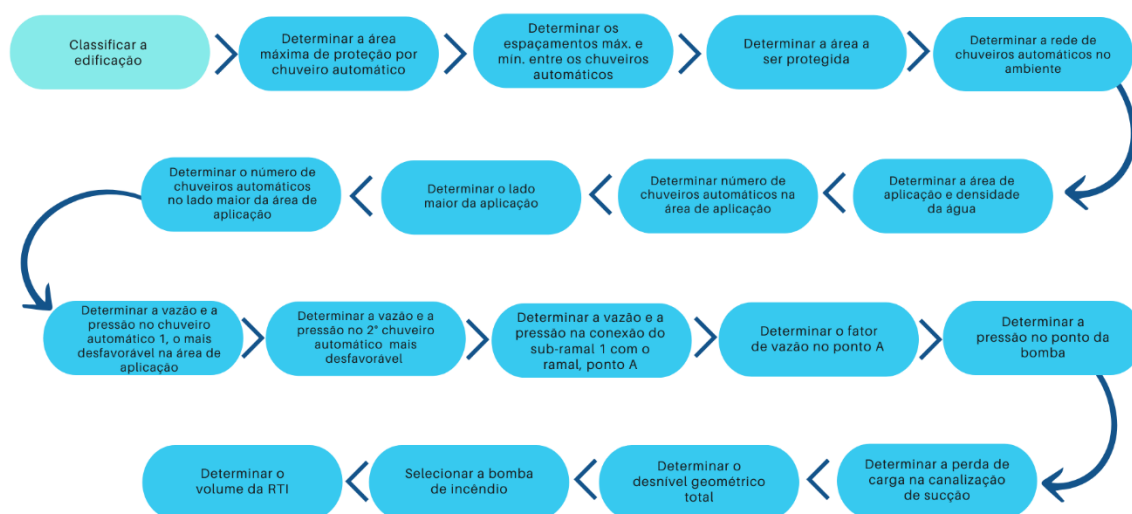


Figura 4.7 – Fluxograma de etapas de dimensionamento do sistema de chuveiros automáticos por meio de cálculo hidráulico

a) Classificação da edificação quanto à classe de risco e ocupação:

A NT n° 13/2021 – CBMDF classifica a edificação de acordo com a carga de incêndio. Conforme apresentado na Tabela 4.6.

Tabela 4.6 – Classificação do risco quanto à carga de incêndio

RISCO DA OCUPAÇÃO	CARGA DE INCÊNDIO (MJ/m ²)
Leve	CI ≤ 300
Ordinário I	300 > CI ≤ 900
Ordinário II	900 > CI ≤ 1800
Extraordinário I	1800 > CI ≤ 2500
Extraordinário II	CI > 2500

b) Determinação da área máxima de proteção por chuveiro automático

Segundo a ABNT NBR 10897/2020 a máxima área de cobertura permitida para um chuveiro automático em pé e pendente de cobertura-padrão deve ser conforme indicado na Tabela 4.7. Em nenhum caso, a área deve ser superior a 21m².

Tabela 4.7 – Áreas de cobertura máxima por chuveiro automático e distância máxima entre chuveiros automáticos (chuveiros automáticos tipo *spray* em pé e pendentes de cobertura padrão)

Tipo de teto	Método de cálculo	Área de cobertura m ²			Distância máxima entre chuveiros automáticos m		
		Leve	Ordinária	Extra	Leve	Ordinária	Extra
Não combustível obstruído e não obstruído; combustível não obstruído	Calculado por tabela	18,6		8,4			3,7
	Cálculo hidráulico	20,9		9,3 a 12,1 ^a			3,7 a 4,6 ^b
Combustível obstruído	Calculado por tabela			8,4			3,7
	Cálculo hidráulico	15,6	12,1	9,3 a 12,1 ^a	4,6		3,7 a 4,6 ^b
Combustível com elementos estruturais distanciados a menos de 0,90m	Calculado por tabela			8,4			3,7
	Cálculo hidráulico	12,1		9,3 a 12,1 ^a			3,7 a 4,6 ^b

^a Área de cobertura, risco extra: 9,3 m², se densidade ≥ 10,2 mm/min, e 12,1 m², se densidade < 10,2 mm/min.

^b Espaçamento máximo: 3,7m, se densidade ≥ 10,2 mm/min, e 4,6 m², se densidade < 10,2 mm/min.

c) Determinação dos espaçamentos máximos e mínimos entre os chuveiros automáticos

Os espaçamentos máximos são apresentados na Tabela 4.7.

Os espaçamentos mínimos entre a parede e os chuveiros automáticos tipo spray em pé e pendentes e de 100mm, pela NBR 10897/2020. Já entre os próprios chuveiros é de 1,8m.

d) Determinar a área a ser protegida

A área do pavimento ou as áreas compartimentadas a serem protegidas por chuveiros automáticos são determinadas a partir do projeto arquitetônico da edificação.

e) Determinar a rede de chuveiros automáticos no ambiente

A análise da distribuição da rede de chuveiros automático no ambiente e a localização mais adequada da coluna de incêndio, ramais e sub-ramais, vão depender dos projetos arquitetônico e estrutural da edificação.

O espaçamento “a” entre os chuveiros automáticos nos sub-ramais e os espaçamentos “b” entre os sub-ramais são determinados para cada ambiente projetado de acordo com as suas dimensões e particularidades, sempre obedecendo às recomendações de norma para cada

classe de risco sobre a área máxima de cobertura por chuveiro automáticos e os espaçamentos máximos entre chuveiros automáticos de um sub-ramal e entre sub-ramais.

f) Determinar a área de aplicação e da densidade da água

Pela Figura 4.8 o dimensionamento de toda a instalação é realizado tomando como base uma área de aplicação, cujo valor é determinado no eixo das ordenadas a partir de um ponto adotado na reta apropriada à classe de risco da edificação e a densidade de água que deve ser aspergida sobre essa área de aplicação, tem o valor determinado pela projeção do referido ponto da reta sobre o eixo das abscissas.

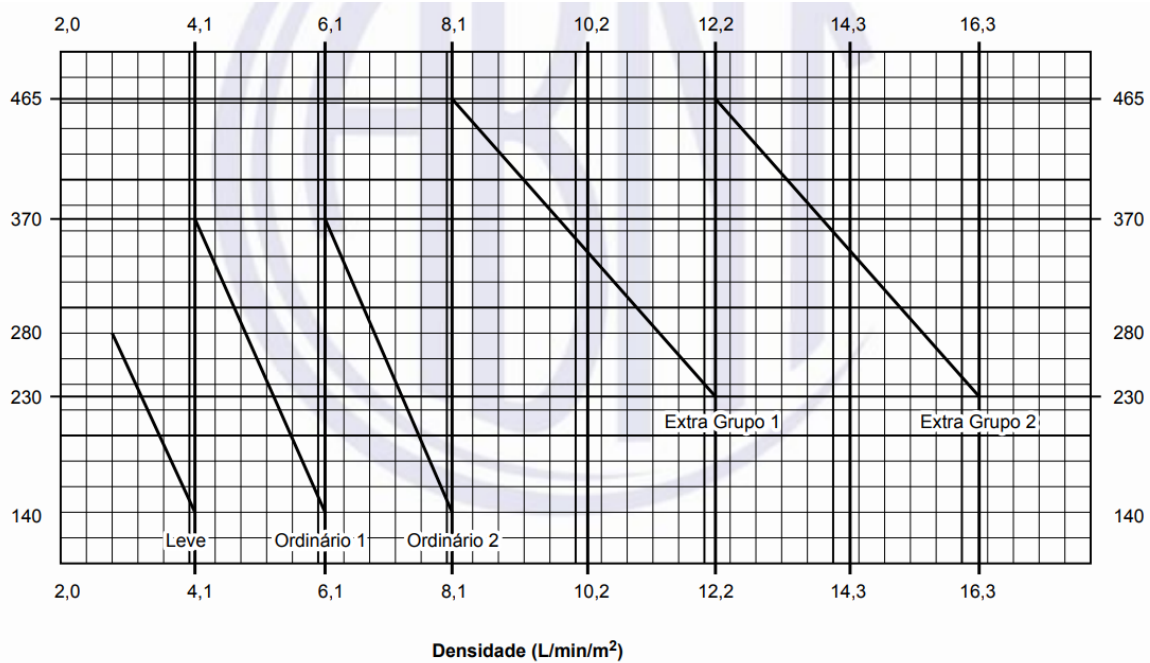


Figura 4.8 – Curvas de densidade e área. (ABNT NBR 10897/2020)

g) Determinar o número de chuveiros automáticos na área de aplicação

O número de chuveiros automáticos dentro da área de aplicação pode ser calculado pela Equação 18:

$$N_{ch} = \frac{A_a}{A_c} \quad (17)$$

Onde:

N_{ch} = número de chuveiros automáticos na área de aplicação;

A_a = área de aplicação, em m^2 ;

A_c = área de cobertura de cada chuveiro automático, em m^2 .

Importante ressaltar que quando essa relação resultar em um número fracionário ele necessita ser arredondado para mais, adotando-se sempre o número inteiro imediatamente superior.

h) Determinar o lado maior da área de aplicação

A área de aplicação terá a forma retangular cujo lado maior sempre é na direção dos sub-ramais com a sua dimensão, no mínimo 20% maior que o lado na outra direção. A sua dimensão maior é calculada pela Equação 19:

$$L_m = 1,2 \cdot \sqrt{A_a} \quad (18)$$

Onde:

L_m = lado maior da área de aplicação, em m;

A_a = área de aplicação, em m².

i) Determinar o número de chuveiros automáticos no lado maior da área de aplicação

O número de chuveiros automáticos no lado maior da área de aplicação é calculado pela relação:

$$N_{Lm} = \frac{L_m}{a} \quad (19)$$

Onde:

N_{Lm} = número de chuveiros automáticos no lado maior da área de aplicação;

L_m = lado maior da área de aplicação, em m;

a = espaçamento dos chuveiros automáticos no lado maior, em m.

j) Determinar a vazão e a pressão no chuveiro automático número 1, o mais desfavorável na área de aplicação

A determinação da vazão e da pressão mínima no chuveiro automático mais desfavorável de toda a instalação não segue a rotina dos demais.

A área de aplicação deve receber uma densidade mínima de água, variável de acordo com a classe de risco da edificação e do ponto da reta escolhido. Essa densidade mínima de água ocorrerá apenas no chuveiro automático mais desfavorável, ponto inicial de todo o dimensionamento, sendo crescente para os demais chuveiros automáticos da área de aplicação.

Então a vazão Q_1 do chuveiro automático 1, do sub-ramal I, é calculado pela Equação 21.

$$Q_1 = D_1 \cdot A_c \quad (20)$$

Onde:

Q_1 = vazão do chuveiro automático 1, o mais desfavorável, em l/min;

D_1 = densidade mínima de água no chuveiro automático mais desfavorável, em l/min.m²;

A_c = área de cobertura do chuveiro automático, em m².

A pressão no chuveiro automático 1, é calculada pela Equação 22.

$$P_1 = \left(\frac{Q_1}{K}\right)^2 \quad (21)$$

Onde:

P_1 = pressão no chuveiro automático 1, o mais desfavorável, em mca.

Q_1 = vazão do chuveiro automático 1, o mais desfavorável, em l/min;

K = fator de vazão K , característica do chuveiro automático utilizado, em l/min.mca^{-1/2}.

O fator K pode ser obtido pela Tabela 4.8.

Tabela 4.8 – Valores do fator K para diversos diâmetros de chuveiros automáticos.

Brentano (2005)

Tipo de orifício	Diâmetro nominal		Fator K	
	mm	pol	l/min.mca ^{-1/2}	l/min.kPa ^{-1/2}
Chuveiros automáticos	10	3/8	11,6	3,7
	11	7/16	18,3	5,8
	13	1/2	25,3	8,0
	14	17/32	36,3	11,5
	16	5/8	48,9	15,1
	19	3/4	61,5	19,5

Para a Nota Técnica 13/2021 – CBMDF, a mínima pressão operacional em qualquer chuveiro automático deve ser de 48 kPa, ou seja, 4,8 mca.

k) Determinar a pressão e a vazão no segundo chuveiro automático mais desfavorável
A partir do segundo chuveiro automático mais desfavorável da instalação, a rotina de cálculo para a determinação das pressões e vazões dos chuveiros automáticos subsequentes será a mesma.

A vazão Q_{21} no segmento 2-1 será: $Q_{21} = Q_1$

O cálculo do diâmetro do segmento 2-1 que atenda a vazão Q_1 pode ser calculado pela Equação 23.

$$d_{21} = 0,585 \cdot \sqrt{Q_{21}} \quad (22)$$

Calcula-se a perda de carga por atrito no segmento reto de canalização entre o primeiro e o segundo chuveiros automáticos mais desfavoráveis da área de aplicação usando a fórmula de Hazen-Williams.

A pressão total P_2 no chuveiro automático será calculada pela Equação 24.

$$P_2 = P_1 + hp_{21} \quad (23)$$

Dessa forma é possível calcular a vazão Q_2 no chuveiro 2 através da Equação 25.

$$Q_2 = K \cdot \sqrt{P_2} \quad (24)$$

l) Determinar a vazão e a pressão na conexão do sub-ramal I com o ramal, ponto A
Em cada conexão a pressão necessita ser balanceada para manter o equilíbrio, uma vez que não podem coexistir duas pressões diferentes no ponto. Devem ser consideradas no cálculo a mais alta pressão do ponto de junção e a vazão total.

A pressão P_A será a soma da pressão do chuveiro automático que antecede esse ponto com a perda de carga do trecho até o ponto A.

m) Determinar o fator de vazão K ao ponto A

Após calculado o somatório das vazões de todos os chuveiros automáticos do sub-ramal pertencentes à área de aplicação e a pressão no ponto A, necessária para produzir essas vazões, o sub-ramal I inteiro pode ser considerado como tendo as características de operação de um chuveiro automático. Logo, o ponto de conexão do sub-ramal com o ramal também deverá ter um fator de vazão K , que será o mesmo para os outros sub-ramais, porque todos possuem o mesmo número de chuveiros automáticos na área de aplicação.

Determina-se o fator de vazão K_A do ponto A através da Equação 26.

$$K_A = \frac{Q_A}{\sqrt{P_A}} \quad (25)$$

O procedimento para a determinação da vazão nos segmentos do ramal que alimentam os sub-ramais da área de aplicação será o mesmo que foi utilizado para calcular as vazões dos segmentos que alimentam os chuveiros automáticos dos sub-ramais.

n) Determinar a vazão que alimenta o sub-ramal II

O procedimento adotado para a determinar a vazão nos segmentos do ramal que alimenta os sub-ramais da área de aplicação é o mesmo que foi utilizado para calcular as vazões dos segmentos que alimentam os chuveiros automáticos do sub-ramal I.

o) Determinar a pressão no ponto MB (bomba)

O procedimento para a determinação da pressão P_{MB} no ponto MB é similar ao recomendado para a determinação da pressão no ponto A.

p) Determinar a perda de carga na canalização de sucção (R'i-MB)

Em algumas situações, a perda de carga na canalização de sucção é mínima em comparação com a perda de carga no resto da instalação podendo ser desprezada.

q) Determinação do desnível geométrico total

A altura manométrica total é calculada pela Equação 27.

$$hm_t = hg_{R'i-B} + P_{MB} + hp_{R'i-MB} \quad (26)$$

Onde:

hm_t = altura manométrica total, em m;

$hg_{R'i-B}$ = altura geométrica total, em m;

P_{MB} = pressão no ponto MB, em m;

$hp_{R'i-MB}$ = perda de carga na canalização de sucção, em m.

r) Selecionar a bomba de incêndio

Para a seleção da bomba vale a mesma recomendação do item o) em 4.4.2.

s) Determinar o volume da reserva técnica de incêndio (RTI)

O volume da RTI é determinado por:

$$V_{RTI} = Q_s \cdot T \quad (27)$$

Onde:

V_{RTI} = volume da reserva técnica de incêndio, em m³;

Q_s = vazão do sistema ou vazão total da área de aplicação, em m³;

T = tempo mínimo de operação do sistema, em min.

4.4 AVALIAÇÃO DAS PRESSÕES DOS SISTEMA HIDRÁULICO DA FT

Para que seja possível definir se é viável permanecer com o sistema hidráulico de combate a incêndio com hidrantes e mangotinhos já existente na edificação da Faculdade de Tecnologia foi feita uma leitura das pressões do sistema com a utilização de medidores digitais de pressão (manômetros) da ZÜRICK Indústria e Comércio Ltda, dispositivos que fornecem indicações de pressões manométricas negativa ou positiva.

Os instrumentos utilizados para obtenção dos dados contam com a função *datalogger*, que permite a aquisição dos valores de pressão de maneira automática em intervalos de tempos programáveis entre 1 segundo a 99 horas. Para a obtenção dos dados do presente trabalho, o manômetro foi programado para coletar os dados em um intervalo de 5 minutos.

Atualmente, o sistema é abastecido de modo direto, ou seja, a água que abastece o sistema de combate a incêndio provém diretamente da concessionária, no caso a CAESB

(Companhia de Saneamento Ambiental do Distrito Federal). Por se tratar de sistema de abastecimento direto é possível que haja uma grande variação de pressões ao longo do dia. Deste modo, ao se realizar as medições de pressões do sistema durante um período de 48 horas, foi possível identificar se o mesmo atende as recomendações da NBR 13714/2000 que indica que as pressões dinâmicas nas entradas dos esguichos não ultrapassem o dobro daquela obtida no esguicho mais desfavorável hidráulicamente. E que o sistema de hidrantes e de mangotinhos para combate de incêndio apresente pressão máxima de trabalho, em qualquer ponto do sistema, não ultrapassando 1000 kPa.

5 RESULTADOS E DISCUSSÕES

5.1 RESULTADOS DO DIMENSIONAMENTO DO SISTEMA DE HIDRANTES E MANGOTINHOS

a) Classificação da edificação

Conforme apresentado no item 4.2 a edificação foi classificada com base na Nota Técnica nº 01/2016 – CBMDF como ocupação/uso escolar de risco médio B1.

b) Definição qual tipo de sistema a ser adotado:

Pela ABNT NBR 13714/2000 edificações de uso educacional podem adotar como sistema de proteção o tipo 1, dotados de pontos de tomada de água de engate rápido para mangueiras de diâmetro 40 mm (1 ½").

c) Lançamento da rede de hidrantes

Para o presente projeto, como um dos objetivos é a validação do atual sistema hidráulico de combate a incêndio, com base em plantas fornecidas pela prefeitura da UnB, e visita ao edifício da FT para identificação dos locais e quantidades de hidrantes, considerou-se a rede atual conforme apresentada na Figura 5.1, na Figura 5.2 e na Figura 5.3.



Figura 5.1 - Planta de situação da rede geral de água da Faculdade de Tecnologia

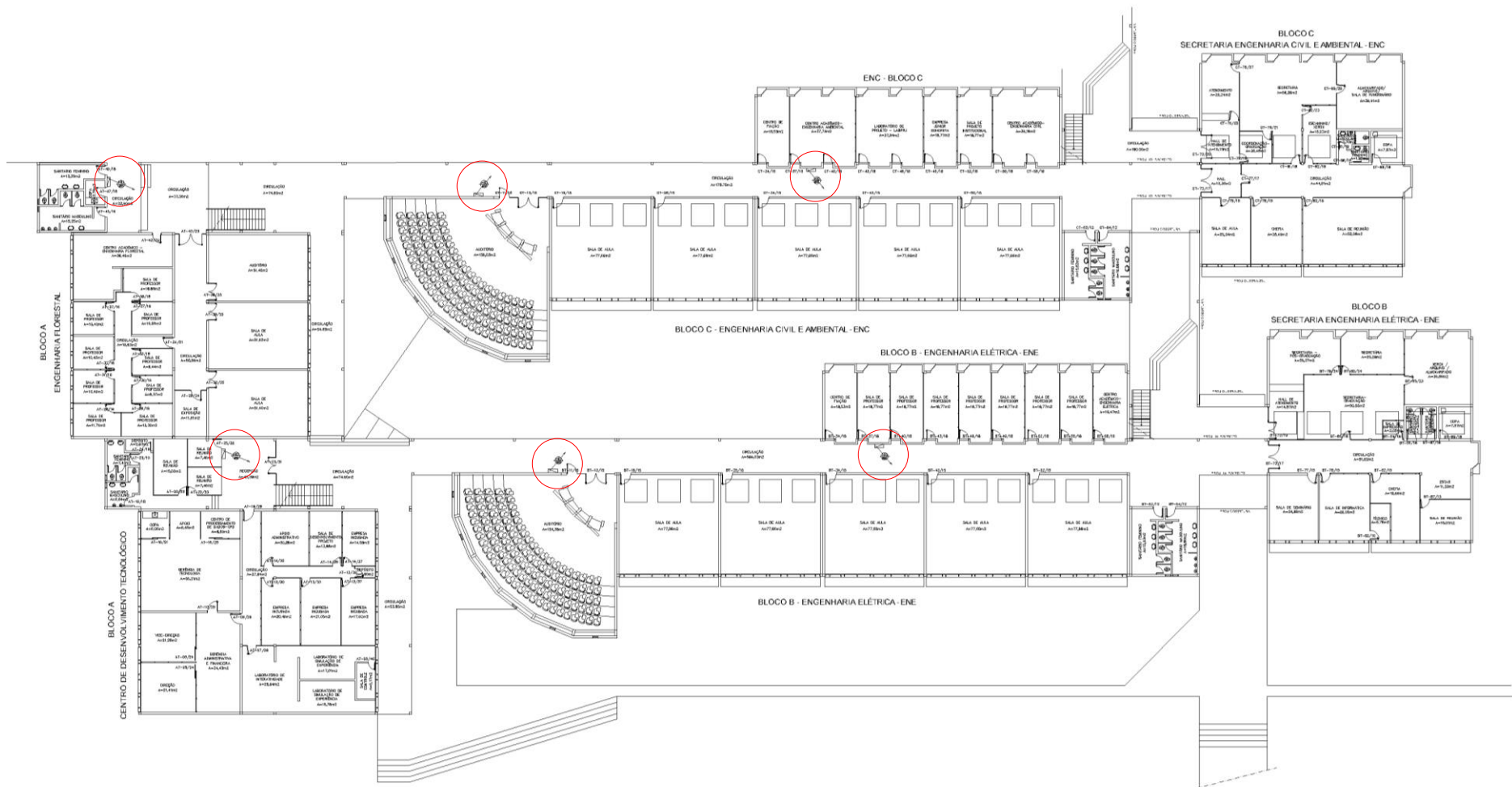


Figura 5.2 - Mangotinhos instalados nos blocos A,B e C

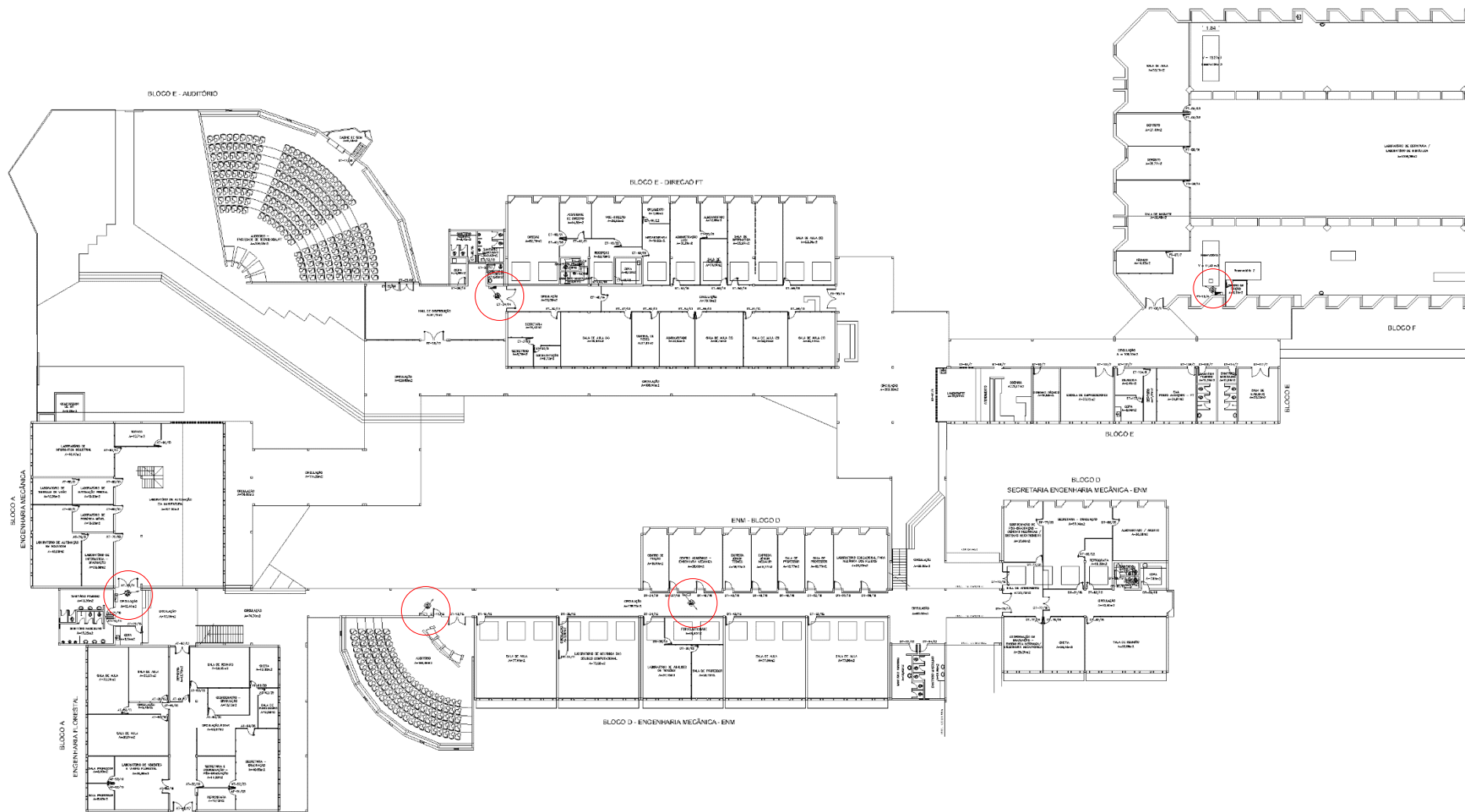


Figura 5.3 – Mangotinhos instalados nos blocos A,D, E e F

- d) Determinação da vazão e a pressão mínima nos hidrantes mais desfavoráveis hidráulicamente:

Pela NT n° 4 do CBMDF a vazão mínima nos esguichos deve ser de 220 l/min. Adotando um esguicho com diâmetro nominal de 5/8" (16mm), tem-se pela Equação 2 que $P_{H1} = 18,32$ mca.

- e) Determinação do diâmetro do ramal de alimentação do hidrante mais desfavorável hidráulicamente:

Segundo a NT n° 02/2000 – CBMDF, as tubulações de 50mm são aceitas apenas em edificações classificadas como Classe de Risco A e B1. Como o edifício em questão é de classe de risco B1, foi adotado como diâmetro do ramal de alimentação tubulações com diâmetro de 50mm desde que a vazão mínima nos hidrantes de uso simultâneo fosse atendida sem ultrapassar a velocidade limite máxima de escoamento da água de 5 m/s. Deste modo, para verificação utiliza-se a Equação 4, de modo que resultou em $V_{A1} = 1,87$ m/s, menor que os 5 m/s.

- f) Determinação das perdas de carga nos ramais do hidrante mais desfavorável hidráulicamente:

Perda de carga no segmento da canalização calculada pela Equação 4: $hp_c = 0,67$ mca.

Perda de carga na válvula angular calculada pela Equação 5, para uma válvula de abertura com diâmetro de 50mm: $hp_v = 0,89$ mca.

Perda de carga na mangueira do hidrante: $hp_m = 8,73$ mca.

Perda de carga no esguicho com diâmetro de 16mm: $hp_e = 1,70$ mca.

Deste modo a perda de carga no ramal de alimentação é $hp_{H1} = 11,99$ mca.

- g) Determinação da pressão na conexão do ramal com a coluna de incêndio

A pressão na conexão do ramal com a coluna de incêndio foi determinada utilizando a Equação 9, tendo como resultado $P_A = 30,31$ mca.

- h) Determinação do coeficiente de descarga na conexão do ramal com a coluna de incêndio

O coeficiente de descarga na conexão do ramal com a coluna de incêndio $K = 39,96$, foi determinado utilizando-se a Equação 10.

- i) Determinação da pressão na conexão do ramal do segundo hidrante mais desfavorável

Utilizando-se a Equação 11, foi possível determinar $P_B = 30,57$ mca.

- j) Determinação da vazão no segundo hidrante mais desfavorável

$$Q_B = 221 \text{ l/min}$$

k) Determinação da vazão na coluna de incêndio

$$Q_{MB-B} = 441 \text{ l/min}$$

l) Determinação da altura manométrica total

A Tabela 5.1 apresenta os resultados dos cálculos principais para a determinação da altura manométrica total.

Tabela 5.1 – Altura manométrica total

Pressão em B	P_B	30,57 mca
Desnível geométrica h_{R^i-B}	h_{R^i-B}	7,5 m
Perda de carga na canalização de sucção	h_{R^i-B}	1,47 mca
Altura manométrica total	h_{m_t}	45,59 mca

m) Determinação da vazão nos dois hidrantes mais favoráveis da instalação

O hidrante mais favorável é que se localiza mais próximo da bomba, logo é o H_{lab} localizado no Laboratório de Hidráulica e Estrutura. A vazão nesse hidrante é $Q_Y = 256 \text{ l/min}$.

Já o segundo hidrante mais favorável é o H_{aud} , localizado no hall de distribuição do auditório da FT. A vazão nesse hidrante é $Q_{aud} = 247 \text{ l/min}$.

n) Verificação do diâmetro adotado

Conhecendo agora as vazões dos hidrantes mais favoráveis e utilizando a Equação 16, tem-se que a vazão máxima é de $Q_{máx} = 503 \text{ l/min}$. Para uma tubulação com diâmetro de 50mm, conforme determinado previamente, tem-se uma velocidade de 1,90 m/s, menor do que o limite máximo recomendado por norma.

o) Seleção das bombas de incêndio

Neste trabalho não será indicado um modelo ou marca de bomba, recomenda-se apenas que sejam duas bombas, uma principal e uma reserva. Podendo estas trabalhar em sistema de revezamento ou não.

Para a escolha do conjunto motor-bomba é necessário que as condições de altura manométrica e vazão máxima aqui apresentadas sejam atendidas.

p) Determinação do volume de reserva técnica de incêndio (RTI)

Para o sistema de hidrantes e mangotinhos abastecido por reservatório inferior com sistema de bombeamento, se faz necessária uma reserva técnica de incêndio de 30m^3 .

5.2 RESULTADOS DO DIMENSIONAMENTO DO SISTEMA DE CHUVEIROS AUTOMÁTICOS

a) Classificação da edificação quanto à classe de risco e ocupação

A NT n° 02/2016 – CBMDF apresenta os valores das cargas de incêndio específicas por uso e ocupação. Para edificações de uso escolar, tem-se uma carga de incêndio de 300 MJ/m². Com isso, pela Tabela 4.6, pode-se classificar o risco da ocupação como leve.

b) Determinação da área máxima de proteção por chuveiro automático

Com base na Tabela 4.7 a área máxima de cobertura de um chuveiro automático para edificações com risco de incêndio leve é de 20,9m².

c) Determinação dos espaçamentos máximos e mínimos entre os chuveiros automáticos

Conforme a Tabela 4.7, a distância máxima entre os chuveiros automáticos para edificações com risco de incêndio leve deve ser de 4,6m. Já a distância mínima deve ser de 1,8m.

d) Determinação da área a ser protegida

Todas as salas de aula da FT e auditórios. Excluem-se os laboratórios de informática e CPD's, pois não é indicado água como agente extintor do fogo quando se tem a presença de equipamentos elétricos e eletrônicos. Os auditórios também foram excluídos desse sistema de proteção assim como os mezaninos por se tratarem de áreas especiais que não são abrangidas pelas normas nas quais esse trabalho se baseia.

A Figura 5.4 indica as áreas a serem protegidas pelo sistema de chuveiros automáticos no pavimento térreo.

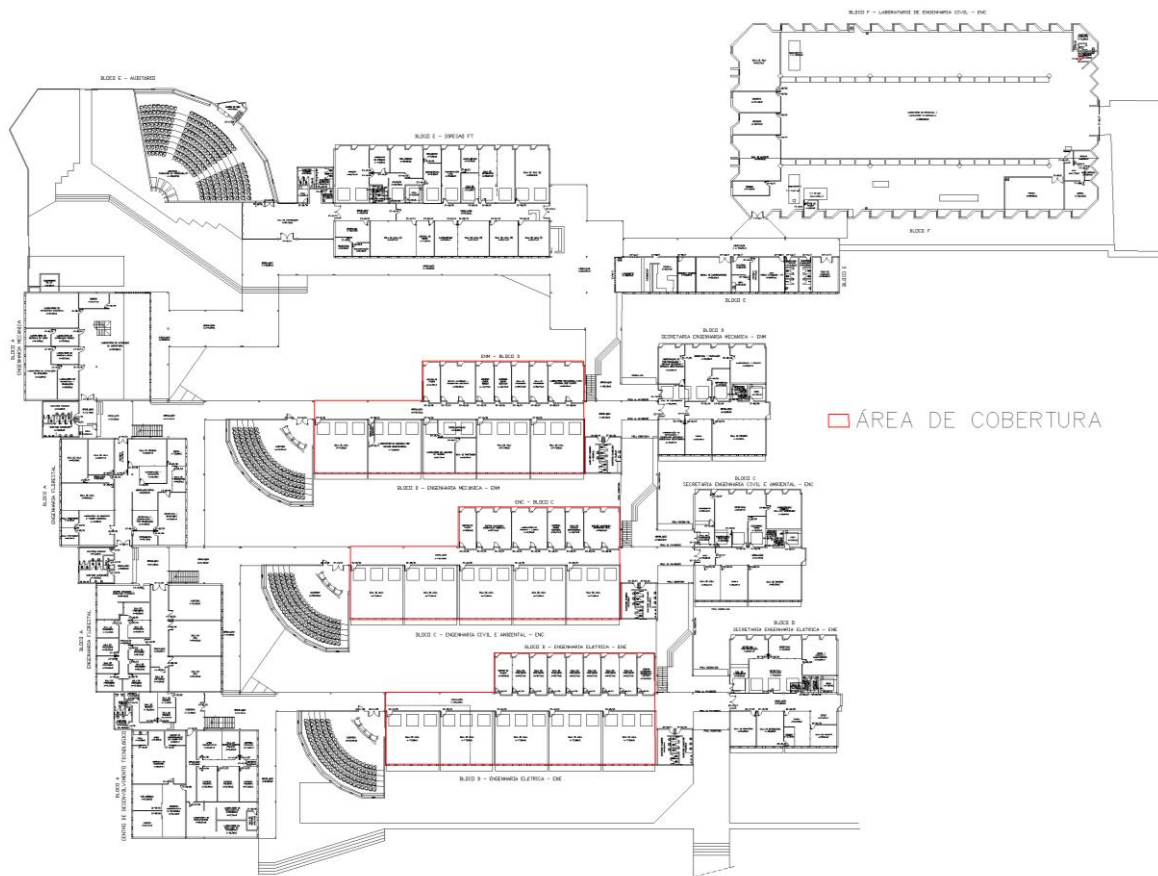


Figura 5.4 –Áreas de cobertura dos chuveiros automáticos no pavimento térreo.

e) Determinação da rede de chuveiros automáticos no ambiente

A rede de chuveiros foi determinada conforme ilustrado pela Figura 5.5.

A Figura 5.5, apresenta apenas a rede de chuveiros automáticos do Bloco D. Como a área de cobertura é similar para os blocos B, C e D, a distribuição da rede também é similar para os 3 blocos citados.

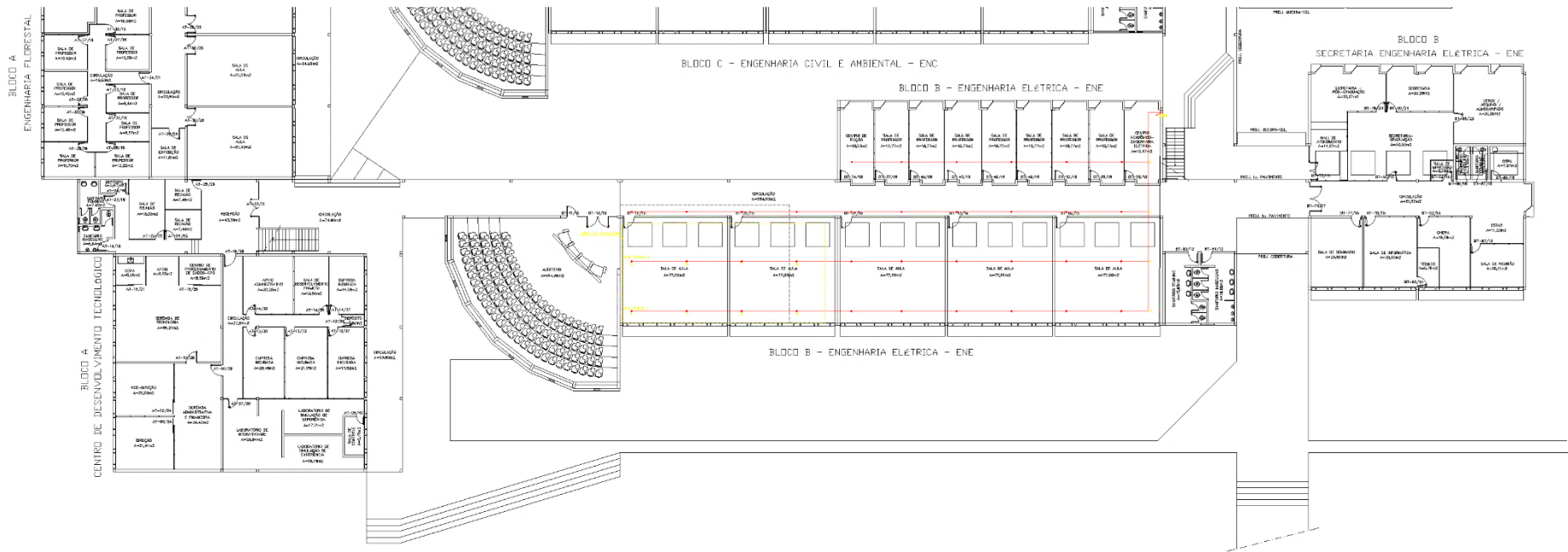


Figura 5.5 – Rede de chuveiros automáticos no Bloco D - Térreo

f) Determinação da área de aplicação e da densidade da água

Como o risco de incêndio é leve, será utilizada uma área de aplicação $A_a = 140 \text{ m}^2$. Pela Figura 4.8 a densidade da água é de $4,1 \text{ L/min/m}^2$.

g) Determinação do número de chuveiros automáticos na área de aplicação

$$N_{ch} = \frac{140}{19} = 7,37$$

Como o resultado foi um número fracionário, adotou-se o número imediatamente superior, logo serão 8 chuveiros automáticos na área aplicação.

h) Determinação do lado maior da aplicação

Pela Equação 19 tem-se que o lado maior da área de aplicação é $L_m = 14,20 \text{ m}$.

i) Determinação do número de chuveiros automáticos no lado maior da área de aplicação

$$N_{Lm} = \frac{14,20}{4,6} = 3,09$$

Adotando o número inteiro imediatamente maior tem-se que $N_{Lm} = 4$.

j) Determinação da vazão e da pressão no chuveiro automático número 1, o mais desfavorável na área de aplicação

Pela Equação 21, tem-se que vazão do chuveiro automático 1, do sub-ramal I, é $Q_1 = 87,4 \text{ l/min}$.

A pressão no chuveiro automático 1 varia de acordo com o diâmetro do orifício não devendo ser menor que $4,8 \text{ mca}$. Deste modo, foi adotado o diâmetro $d = 13 \text{ mm}$ onde pela Equação 22, foi determinada a pressão $P_1 = 11,93 \text{ mca}$.

k) Determinação da pressão e da vazão no segundo chuveiro automático mais desfavorável

A partir do segundo chuveiro automático mais desfavorável o procedimento para o cálculo das pressões e vazões é o mesmo. Deste modo, os resultados são apresentados na Tabela 5.2

Tabela 5.2 – Resultados da determinação de vazão e pressão no segundo chuveiro automático mais desfavorável.

<i>Determinação da vazão e da pressão no chuveiro automático 2</i>	
$Q_{21} = Q_1$	87,4
d_{21} (mm)	22
$d_{21\text{comercial}}$ (mm)	25
V_{21} (m/s)	2,97
Perda de carga	
L_{seg} (m)	4,6
Coefficiente C de Hazen-Williams para cobre	130
h_{21} (mca)	2,16
Pressão P_2 no chuveiro 2	
$P_2 = P_1 + h_{21}$	14,09
Vazão Q_2 no chuveiro 2	
Q_2 (l/min)	95,0
<i>Determinação da vazão e da pressão no chuveiro automático 3</i>	
$Q_{32} = Q_{21} + Q_2$ (l/min)	182,4
d_{32}	32,25
d_{32} comercial (mm)	35
A_{32} (tubo)	0,001
V_{32} (m/s)	3,16
L_{32}	4,60
h_{32} (m)	1,63
P_3 (mca)	15,72
Q_3 (l/min)	100,32
<i>Determinação da vazão e da pressão no chuveiro automático 4</i>	
$Q_{43} = Q_{32} + Q_3$ (l/min)	282,7
d_{43}	40,15
d_{43} comercial (mm)	35
A_{43} (tubo)	0,001
V_{43} (m/s)	4,90
L_{43}	4,60
h_{43} (m)	3,67
P_4 (mca)	5,31
Q_4 (l/min)	58,28

- l) Determinação da vazão e da pressão na conexão do sub-ramal I com o ramal, ponto A.

Tabela 5.3 – Resultados da determinação da vazão e pressão na conexão do sub-ramal I com o ramal, ponto A

<i>Determinação da vazão e da pressão no ponto A</i>	
Vazão Q_A no ponto A	
$Q_A = Q_{43} + Q_4$ (l/min)	340,96
d_{4A}	44,10
d_{4A} comercial (mm)	50
A_{A4} (tubo)	0,0020
V_{A4} (m/s)	2,89
L_{A4} (m)	20
L_{eqA4} (m)	3,4
L_{tA4} (m)	23,4
h_{A4} (mca)	4,65
P_A (mca)	20,37

m) Determinação do fator de vazão K ao ponto A

O ponto A é dimensionado como se nele estivesse conectado um chuveiro automático com vazão equivalente a vazão acumulada dos 4 chuveiros automáticos do sub-ramal I.

Pela Equação 26 tem-se que $K = 75,54 \text{ l/min.mca}^{-1/2}$.

n) Determinação da vazão que alimenta o sub-ramal II

Tabela 5.4 – Resultados da determinação da vazão que alimenta o sub-ramal II

<i>Determinação da vazão que alimenta o sub-ramal II</i>	
$Q_{BA} = Q_A$	340,96
d_{BA} (mm)	44,10
d_{BA} comercial (mm)	50
A_{BA} (tubo)	0,0020
V_{BA} (m/s)	2,89
L_{BA} (m)	4,13
h_{BA} (mca)	0,82
P_B (mca)	21,20
Q_B (l/min)	347,76

O valor de Q_B corresponde a vazão que alimenta os 4 chuveiros automáticos do sub-ramal II.

o) Determinação da pressão no ponto MB (bomba)

Tabela 5.5 – Resultados dos procedimentos para determinação da pressão no ponto MB

<i>Determinação do ponto de carga entre o ponto B e o ponto MB (motor bomba)</i>	
$Q_{MB-B} = Q_{BA} + Q_B$ (l/min)	688,72
d_{MB-B} (mm)	62,68
d_{MB-B} comercial (mm)	65
Perda de carga no trecho MB-B	
$l_{n_{MB-B}}$	65,39
Comprimentos equivalentes para d_{MB-B} :	
4 joelhos de 90°	14,8
1 tê, saída lateral	7,8
1 válvula governo e alarme	16
2 válvulas gaveta abertas	2
1 válvula de retenção	16
$l_{c_{MB-B}}$	56,6
Comprimento teórico ou virtual no trecho	121,99
Perda de carga total no trecho	24,82
P_{MB} (mca)	46,02

p) Determinação da perda de carga na canalização de sucção (R'i-MB)

Tabela 5.6 – Resultados da determinação de perda de carga na canalização de sucção

<i>Determinação da perda de carga na canalização de sucção</i>	
$Q_{R'i-MB}$	688,72
$d_{R'i-MB}$ (mm)	62,68
$d_{R'i-MB}$ comercial (mm)	75
Area tubo (m ²)	0,0044
$V_{R'i-MB}$ (m/s)	2,60
Perda de carga na canalização de sucção	
$l_{n_{R'i-MB}}$ (m)	1,8
Comprimentos equivalentes na canalização de sucção	
1 entrada de borda	5
2 joelhos de 90°	7,8
1 crivo	20
1 tê, saída lateral	8
1 válvula gaveta	2,2
$l_{e_{R'i-MB}}$ (m)	43
Comprimento teórico ou virtual no trecho	44,8
Perda de carga total no trecho (mca)	4,5

q) Determinação do desnível geométrico total

Tabela 5.7 – Resultados da determinação do desvio geométrico total

<i>Determinação do desnível geométrico total</i>	
$h_{g_{RTI-MB}}$ (mca)	4,5
<i>Determinação da altura manométrica total</i>	
h_{m_t} (mca)	93,52

r) Seleção da bomba de incêndio

Neste trabalho não será indicado um modelo ou marca de bomba, recomenda-se apenas que sejam duas bombas, uma principal e uma reserva. Podendo estas trabalhar em sistema de revezamento ou não.

Para a escolha do conjunto motor-bomba é necessário que as condições de altura manométrica e vazão máxima aqui apresentadas sejam atendidas.

s) Determinação do volume da reserva técnica de incêndio (RTI)

$$V_{RTI} \text{ (m}^3\text{)} = 41,32$$

5.3 AVALIAÇÃO DAS PRESSÕES DOS SISTEMA HIDRÁULICO DA FT

As pressões do sistema hidráulico da Faculdade de Tecnologia foram obtidas através de medição do manômetro instalado em um ponto da rede localizado no Bloco F, o mais próximo possível ao mangotinho ali existente, o mais favorável da rede hidráulica de combate a incêndio.

A medição foi realizada em um ponto da rede de abastecimento hidráulico, diferente da rede de combate a incêndio, mas como o abastecimento de combate à incêndio é feito de modo direto, os resultados obtidos são válidos para ambas a redes.

O manômetro foi instalado no dia 27 de abril de 2022, quarta-feira, no período da tarde e removido para recolhimento dos dados no dia 29 de abril de 2022, sexta-feira, também no período da tarde, resultando assim em dados referentes à um período de aproximadamente 48h.

A Figura 5.6 apresenta a variação da pressão na rede hidráulica da FT ao longo desse período de 48h. É possível notar que as menores pressões foram registradas entre as 12h e 14h, horário do almoço que geralmente costuma gerar um maior movimento e um maior consumo de água.

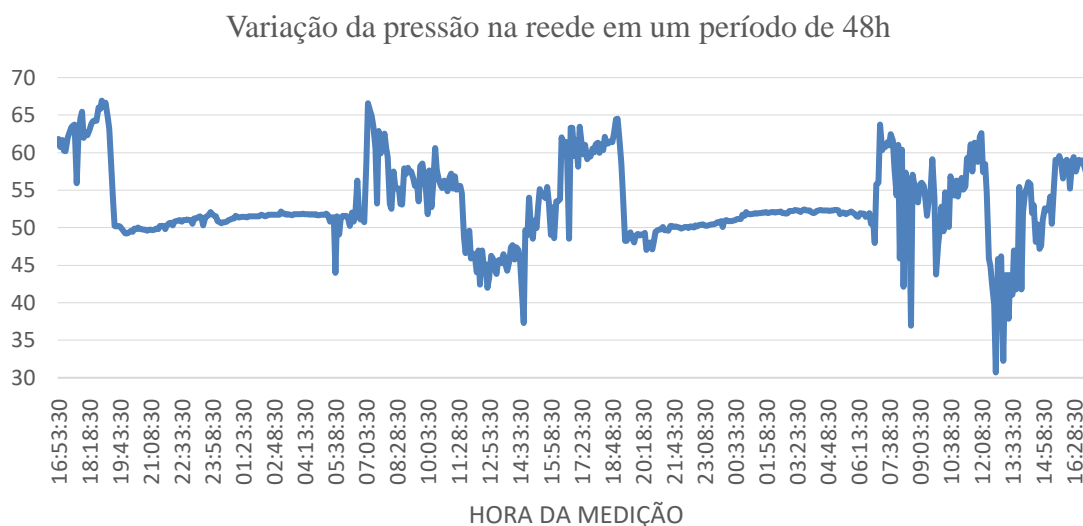


Figura 5.6 - Variação da pressão na rede em um período de 48h

A Tabela 5.8 apresenta os valores mínimos e máximos registrados em períodos de 24h.

Tabela 5.8 – Valores mínimos e máximos, e média de pressão a cada 24h

	Período	P_{mínima} (mca)	P_{máxima} (mca)	P_{média} (mca)
1	24h	37,32	66,93	53,09
2	24h	30,71	64,56	53,01

É possível notar que o valor da pressão média obtido nas primeiras 24h é extremamente próximo do valor de pressão média obtidos nas 24h seguintes. As pressões máximas medidas em cada intervalo de 24h, tiveram uma variação de apenas 3,5%.

Para as redes de abastecimento de água tem-se preconizado o valor de 40 mca como sendo o valor de pressão máxima, e os valores medidos são consideravelmente maiores.

Tem-se pelos resultados obtidos no item 5.1 que a pressão manométrica mínima exigida para um bom funcionamento do sistema de hidrantes e mangotinhos é de 45,59 mca. Pelos dados obtidos através da medição das pressões com manômetro, o abastecimento direto satisfaz as pressões necessárias para o bom funcionamento do sistema.

Já para utilização unicamente do sistema de chuveiros hidráulicos, seria necessária uma pressão de 93,52 mca, logo, a pressão do abastecimento direto não é satisfatória.

Posto isto, tem-se também que para a aplicação do sistema de chuveiros hidráulicos em conjunto, considerando o uso simultâneo com o sistema de hidrantes e mangotinhos as pressões medidas não são satisfatórias.

Vale ressaltar que devido à COVID-19, grande parte das disciplinas ofertadas pelas unidades acadêmicas que compõem a Faculdade de Tecnologia estão sendo realizadas remotamente. Deste modo, o fluxo de pessoas no edifício está drasticamente reduzido, assim como o uso simultâneo de pontos de consumo de água. Com o retorno pleno das aulas presenciais, a ocupação do edifício aumentará consideravelmente, de forma que os valores apresentados na Tabela 5.8 podem cair substancialmente e talvez não atender aos valores calculados para os sistemas.

5.4 CARACTERIZAÇÃO DOS RESERVATÓRIOS DO LABORATÓRIO DE HIDRÁULICA E ESTRUTURAS

Para que fosse possível a identificação das características dos três reservatórios inferiores localizados no Laboratório de Hidráulica e Estrutura foi necessária a realização de uma visita ao local, já que nos projetos obtidos não há identificação da localização, dimensões ou volume desses reservatórios. A Figura 5.7 apresenta a locação aproximada desses reservatórios.

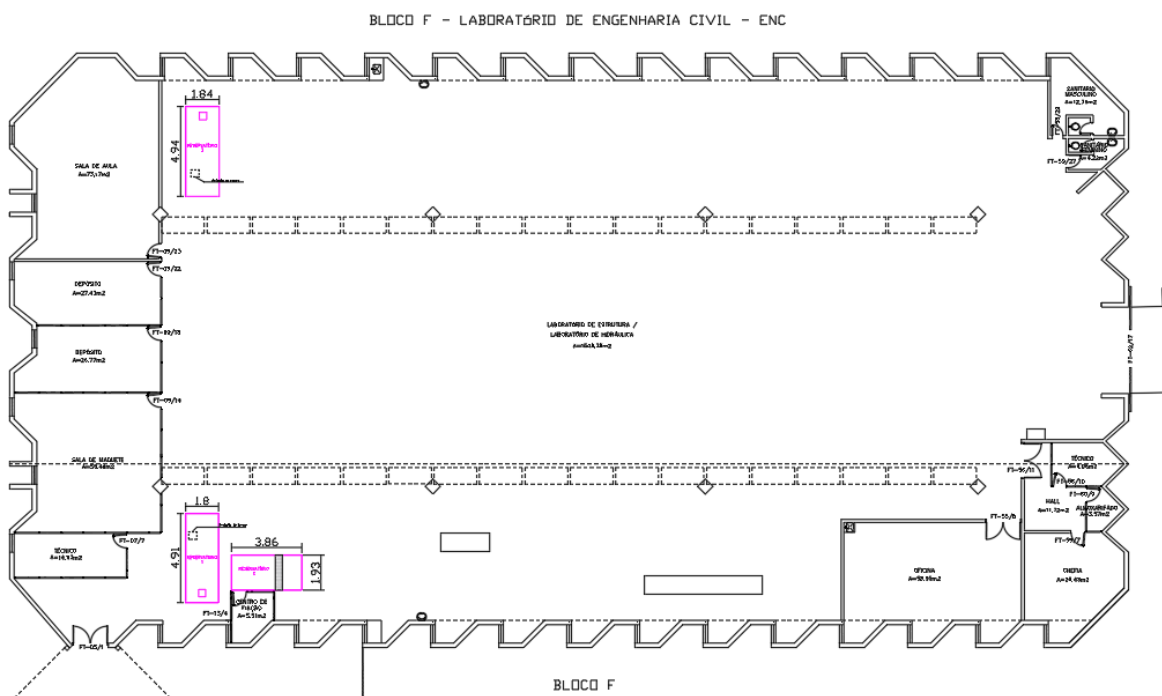


Figura 5.7 – Locação dos reservatórios enterrados no Bloco F

O reservatório 1 está localizado próximo à sala do técnico, e tem capacidade máxima para um volume total de 11,49 m³.

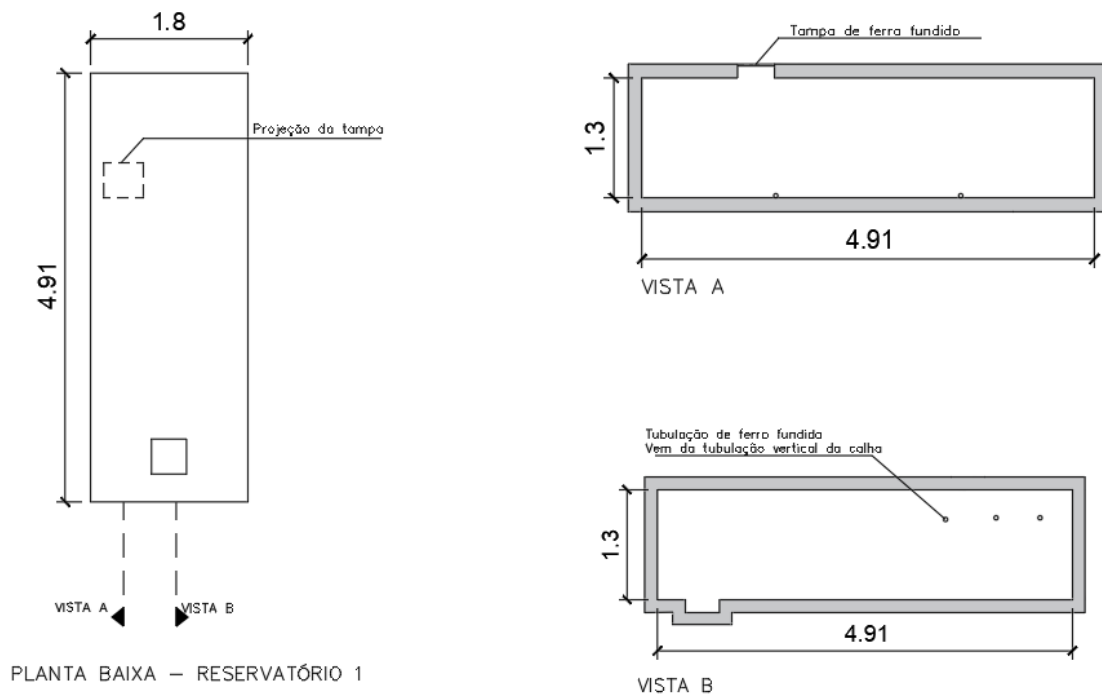
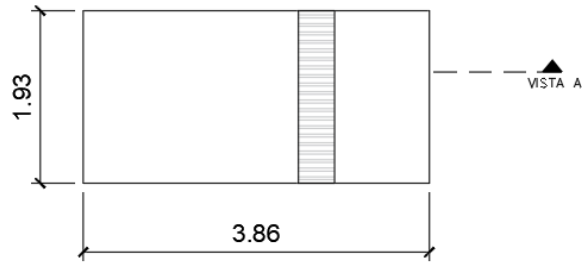
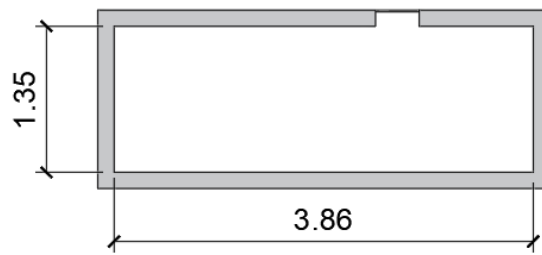


Figura 5.8 – Planta baixa e vistas do Reservatório 1

O reservatório 2 está localizado ao lado do reservatório 1, próximo ao centro de fiação, e tem a capacidade máxima para um volume total de 10m³.



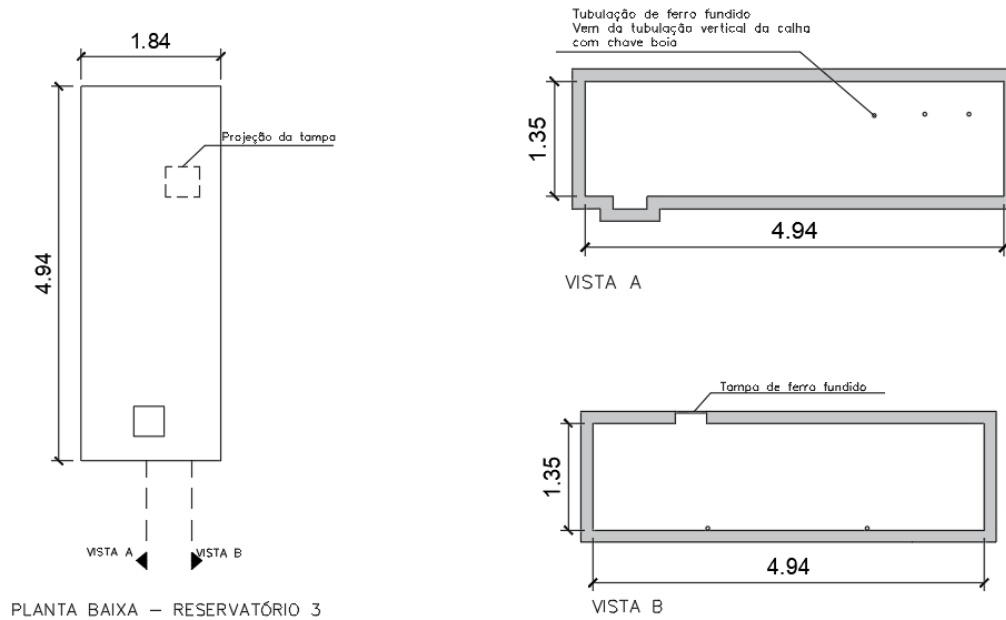
PLANTA BAIXA – RESERVATÓRIO 2



VISTA A

Figura 5.9 – Planta baixa e vista do Reservatório 2

Já o reservatório 3 encontra-se do lado oposto aos demais, e tem a capacidade para um volume máximo total de aproximadamente 12,27m³.



PLANTA BAIXA – RESERVATÓRIO 3

VISTA B

Figura 5.10 – Planta baixa e vistas do Reservatório 3

Os reservatórios foram construídos com o intuito de receber a água pluvial coletada pelo sistema de águas pluviais do telhado do laboratório e ser utilizada no próprio laboratório de hidráulica. Porém o sistema nunca foi colocado em funcionamento e os reservatórios se

encontram hoje sem utilização, conforme é possível notar pela Figura 5.11, Figura 5.12 e Figura 5.13.



Figura 5.11 – Reservatório 1



Figura 5.12 – Reservatório 2



Figura 5.13 – Reservatório 3

Vale salientar, que a capacidade máxima de volume útil dos reservatórios é menor, pois é necessária a folga onde são instaladas boias e tubulações de segurança.

Conforme calculado no item 5.1 o volume de reserva técnica de incêndio necessário para o sistema de hidrantes e mangotinhos é de 30m^3 . Esse volume não pode ser atendido por apenas um reservatório isoladamente, seriam necessárias intervenções estruturais para que fosse possível o abastecimento da rede hidráulica de combate à incêndio do sistema de hidrantes e mangotinhos.

Já para o sistema de chuveiros automáticos o volume de reserva técnica de incêndio calculado pelo item 5.2 foi de $41,32\text{ m}^3$. Volume que também não é atendido pela capacidade dos reservatórios separadamente e nem combinados.

6 CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

O sistema de hidrantes foi dimensionado considerando que ele seria abastecido por reservatório inferior localizado no Laboratório de Hidráulica e Estrutura, afim de obter-se as pressões necessárias e também o volume necessário para RTI de modo e avaliar a viabilidade do uso dos reservatórios enterrados já existentes que conforme apresentado na sessão de resultados, para ser utilizado seriam necessárias obras de intervenção na infraestrutura hidráulica existente.

O sistema de chuveiros automáticos foi pré-dimensionado também com o objetivo de avaliar a viabilidade do uso dos reservatórios existentes e mais uma vez foi obtido um resultado negativo, dado que o volume necessário para a RTI do sistema é superior à capacidade dos reservatórios.

O sistema de chuveiros automáticos é uma opção de atualização do sistema hidráulico de combate a incêndio para os Blocos B, C e D da Faculdade de Tecnologia, já que para a instalação deste a ABNT NBR 10897/2020 recomenda a utilização de reservatório elevado, reservatório inferior ou tanque de pressão. A grande vantagem de se ter um sistema automático é que este não depende da ação de pessoas para iniciar seu funcionamento, além de acionar o alarme simultaneamente com sua entrada em ação, ter uma rápida ação de aspersão de água sobre o foco de incêndio e ter sua ação restrita.

Pelos resultados apresentados neste trabalho tem-se que a utilização dos reservatórios enterrados localizados no Laboratório de Hidráulica e Estrutura, nas condições atuais, não se adequam para utilização como reserva técnica de incêndio.

As pressões medidas na rede hidráulica de abastecimento direto apresentaram valores satisfatórios para o atual sistema de hidrantes e mangotinhos. Porém, é necessário evidenciar que em caso de falha da concessionária no sistema de abastecimento e, simultaneamente, uma situação de incêndio, a edificação não contará com sistema hidráulico de combate à incêndio.

Recomenda-se que para futuros trabalhos as pressões sejam novamente analisadas em uma situação onde o edifício esteja com uma maior ocupação. Sugere-se também que seja analisada a possibilidade de construção de um reservatório elevado ou inferior para abastecimento do sistema hidráulico de combate a incêndio, pois mesmo que o sistema de abastecimento direto, em seu uso máximo, seja capaz de atender as pressões necessárias, há sempre a possibilidade do interrompimento de abastecimento vindo da concessionária.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 13860: Glossário de termos relacionado com a segurança contra incêndio. Rio de Janeiro, 1997.
- ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 14432: Exigências de resistência ao fogo de elementos construtivos de edificações – Procedimentos. Rio de Janeiro, 2001.
- ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 10897: Sistemas de proteção contra incêndio por chuveiros automáticos. Rio de Janeiro, 2020.
- ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 13714: Sistemas de hidrantes e de mangotinhos para combate a incêndio. Rio de Janeiro, 2000.
- Brentano, T. (2005) Instalações Hidráulicas de Combate a Incêndios nas Edificações. 2ª edição, EDIPUCRS, Porto Alegre.
- CBMDF – Corpo de Bombeiros Militar do Distrito Federal. NT n° 13 – Sistema de Chuveiros Automáticos. 2021.
- CBMDF – Corpo de Bombeiros Militar do Distrito Federal. NT n° 01 – Medidas de Segurança Contra Incêndio no Distrito Federal. 2016.
- CBMDF – Corpo de Bombeiros Militar do Distrito Federal. NT n° 02 – Risco de Incêndio e Carga de Incêndio. 2016.
- CBMDF – Corpo de Bombeiros Militar do Distrito Federal. NT n° 04 – Sistema de Proteção por Hidrante do Distrito Federal. 2000.
- CEPLAN - Centro de Planejamento Oscar Niemeyer. Territórios. Campus Universitário Darcy Ribeiro (2021). Disponível: <http://ceplan.unb.br/index.php?option=com_content&view=article&id=17&Itemid=693> Acesso em: outubro de 2021
- Ferigolo, F. C. (1977) Prevenção de incêndio. Sulina. Porto Alegre, 262 p.
- Fernandes, L.S. (2018). “Concepção de projeto de combate a incêndio por hidrantes no Instituto Central de Ciências da Universidade de Brasília e reservatórios do campus Darcy Ribeiro.” Monografia de Projeto Final 2. Faculdade de Tecnologia. Departamento de Engenharia Civil e Ambiental. Universidade de Brasília, Brasília, DF.

- FT – Faculdade de Tecnologia. História. Disponível: <
http://ft.unb.br/index.php?option=com_content&view=article&id=1&Itemid=104>
Acesso em novembro de 2021.
- Macintyre, A.J. (2010) Instalações Hidráulicas Prediais e Industriais. 4ª edição, LTC, Rio de Janeiro.
- Oliveira, R. (2018). “Reservação de água para abastecimento contínuo e estudo do consumo de água e medidas para redução de perdas na Universidade de Brasília – Campus Darcy Ribeiro.” Monografia de Projeto Final 2. Faculdade de Tecnologia. Departamento de Engenharia Civil e Ambiental. Universidade de Brasília, Brasília, DF.
- Rabelo, A. V. (2020). “Análise de consumo e pressão nos ramais prediais do ICC” Monografia de Projeto Final. Faculdade de Tecnologia Departamento de Engenharia Civil e Ambiental. Universidade de Brasília, Brasília, DF.
- Silva, V.P. (2016). Projeto de estruturas de concreto em situação de incêndio: conforme ABNT NBR 15200:2012 – 2ª edição, Blucher, São Paulo
- Vargas, L. G. A. (2017). “Estudo de adequação da edificação SG-12 para proteção e prevenção contra incêndios – PPCI.” Monografia de Projeto Final. Faculdade de Tecnologia. Departamento de Engenharia Civil e Ambiental. Universidade de Brasília, Brasília, DF.