

**INSTITUTO ENSINAR BRASIL**  
**CENTRO UNIVERSITÁRIO DOCTUM DE TEÓFILO OTONI**

**SISTEMAS DE HIDRANTES E MANGOTINHOS PARA COMBATE A INCÊNDIO  
EM EDIFICAÇÕES**

**TEÓFILO OTONI**  
**2019**

**MATHEUS LOPES PINHEIRO**  
**RODNEY NETO DE OLIVEIRA AGUILAR**  
**KRISTOPHER SILVEIRA BRITO**

**CENTRO UNIVERSITÁRIO DOCTUM DE TEÓFILO OTONI**

**SISTEMAS DE HIDRANTES E MANGOTINHOS PARA COMBATE A INCÊNDIO  
EM EDIFICAÇÕES**

**Trabalho de Conclusão de Curso  
apresentado ao Curso de Engenharia Civil  
do Centro Universitário Doctum de Teófilo  
Otoni, como requisito parcial à obtenção do  
título de Bacharel em Engenharia Civil.**

**Área de Concentração: Sistema de Combate  
a incêndio**

**Orientadora: Prof. Glaucimar Dutra.**

**TEÓFILO OTONI**

**2019**



**FACULDADES UNIFICADAS DE TEÓFILO OTONI**

**FOLHA DE APROVAÇÃO**

O Trabalho de Conclusão de Curso intitulado: Sistemas de hidrantes e mangotinhos para combate a incêndio em edificações, elaborado pelos alunos Matheus Lopes Pinheiro, Rodney Neto de Oliveira Aguilár e Kristopher Silveira Brito, foi aprovado por todos os membros da Banca Examinadora e aceito pelo curso de Engenharia Civil das Faculdades Unificadas Teófilo Otoni, como requisito parcial da obtenção do título de

**BACHAREL EM ENGENHARIA CIVIL**

Teófilo Otoni, 9 de julho de 2019

\_\_\_\_\_  
Glaucimar Lima Dutra

\_\_\_\_\_  
Larissa Petrini Alves Lorentz

\_\_\_\_\_  
Gilmar Baldow Burmann

# **Sistemas De Hidrantes e Mangotinhos Para Combate a Incêndio Em Edificações**

Rodney Neto de Oliveira Aguiar

Centro Universitário Doctum de Teófilo Otoni, Teófilo Otoni-MG, Brasil,

rodneynetoaguiar@gmail.com

Matheus Lopes Pinheiro

Centro Universitário Doctum de Teófilo Otoni, Teófilo Otoni-MG, Brasil,

matheus-lop1@hotmail.com

Kristopher Silveira Brito

Centro Universitário Doctum de Teófilo Otoni, Malacacheta-MG, Brasil,

kristophersilveira@hotmail.com

## **RESUMO**

Este artigo tem por objetivo, retratar a importância da execução do projeto de PSCIP juntamente ao processo estrutural da edificação. Utilizaremos como base um projeto estrutural desenvolvido pelos respectivos autores deste artigo para se fazer o projeto de incêndio, onde utilizaremos normas do corpo de bombeiros, Abnt, instruções técnicas para se elaborar um sistema de qualidade, traremos como exemplo o sistema de incêndio que foi adaptado a Faculdade Doctum – Teófilo Otoni, onde não se foi feito o PSCIP desde o início com o estrutural.

**PALAVRA CHAVE:** Engenharia, Projeto, Estrutura, Segurança.

## **ABSTRACT**

This article aims to portray the importance of the execution of the PSCIP project with the structural process of building. We will use as a base a structural project developed by the respective authors of this article to make the fire project, we will use the fire department regulations, Abnt, technical instructions to elaborate a quality's system, we will show as example the fire system that was adapted to Faculty Doctum – Teófilo Otoni, because the PSCIP was not done from the beginning with the structural one.

**KEYWORDS:**Engineering, Design, Structure, Security.

## 1 INTRODUÇÃO

Uma das missões de um profissional em Engenharia Civil é a elaboração de projetos que melhorem a segurança das edificações, criando normas e instruções que possam assegurar os sistemas preventivos, utilizando novas tecnologias que podem extinguir o incêndio, ou até um efeito que retarde a propagação do fogo. 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. É de suma importância que sua execução seja junto com o início da obra, pois deverão ser elaborados e planejados juntos, para que se evitem problemas futuros com os sistemas preventivos ao serem aplicados, pois terá que ser feito um estudo mais detalhado. No caso de obras antigas, como não se foi elaborado nenhum projeto, este terá que se readequar, com isso traz vários problemas para a implementação dos sistemas de hidrantes e mangotinhos, ocasionalmente sendo necessário realizar alterações na estrutura da edificação.

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.

Os sistemas de hidrantes e mangotinhos é 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. Um grande problema é a adequação do sistema de hidrante e mangotinhos para combate a incêndio em edificações existentes, já que seu planejamento não ocorreu em conjunto com os demais projetos executivos, havendo a necessidade de um estudo do local, para que se possa adequá-lo sem alterar ou danificar os elementos estruturais existentes.

Com isso o objetivo geral desse trabalho é descrever o funcionamento dos sistemas de hidrantes e mangotinhos para elaboração de projeto de prevenção contra incêndio, visando sua composição, dimensionamento e utilização. Pois além de beneficiar o controle e desenvolvimento das futuras obras, a elaboração deste estudo trará contribuição intelectual,

moral e cívica para os graduandos e futuros engenheiros visando compreender as precauções necessárias durante a projeção das obras.

### 1.1 Propagação do Calor

Segundo Ferigolo (1977, p.1), para se ter uma prevenção e combate a incêndio de maior desempenho e qualidade necessita-se ter o conhecimento do fogo sob todos os seus aspectos: sua constituição, suas causas, seus efeitos e, principalmente, como dominá-lo.

Gomes afirma ainda que: “o fogo é o resultado de uma reação química, denominada combustão, que se caracteriza pelo desprendimento de luz e calor” (GOMES 2014, p.16).

É de suma importância que tanto no estudo de prevenção quanto de extinção do fogo, tenha-se conhecimento das formas de propagação ou de transmissão do calor (FERIGOLO, 1977; Apud GOMES, 2014, p.18).

Em uma edificação incendiada o calor pode se propagar através do método de condução, irradiação e convecção.

Segundo o CBMMG (2014), a condução é quando o calor se transfere de molécula para molécula em um corpo solido. Como acontece em estruturas metálicas, por exemplo, em que são atingidas pelo fogo em uma de suas extremidades, o calor percorre pela estrutura podendo atingir outro material combustível de fácil ignição que esteja em contato com a estrutura conduzindo o calor de um ponto para outro, conforme ilustrado na Figura 1.



Figura 1. Condução de Calor (MFCB – CBPMESP,2006)

Na irradiação a transmissão do calor é feito através de ondas caloríficas que são irradiadas em todas as direções propagando-se pelo espaço. Conforme a Figura 2, o calor se propaga de um corpo para outro sem precisar de um contato direto. Através das ondas, ele atingirá outro material combustível com a intensidade de acordo com a distância em que eles estão, pois quanto mais próximo maior será a intensidade da irradiação (CBMMG, 2014).

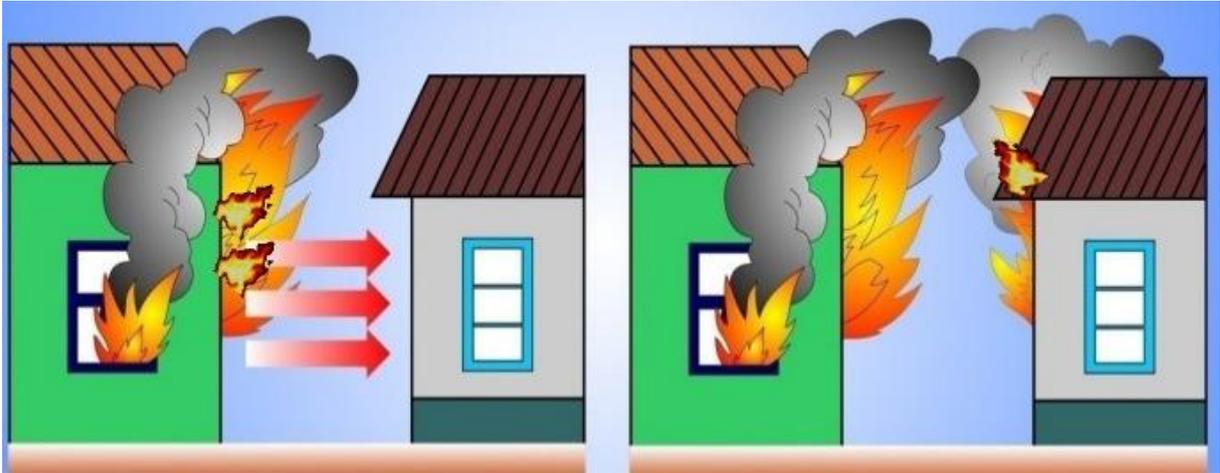


Figura 2. Irradiação de calor (MFCB – CBPMESP, 2006).

Na convecção o calor se propaga através das massas de gases e líquidos com movimentos ascendentes, de forma que o que estiver com a temperatura mais elevada sobe deixando lugar para o de temperatura mais baixa. Como pode ser observado na Figura 3, está é a forma de maior propagação do incêndio em edifícios, pois os gases passam pela aberturas que ligam os pavimentos como elevadores e caixas de escada, onde elevava a temperatura de outros materiais combustíveis até que aconteça a ignição do material causando a combustão (CBMMG, 2014).

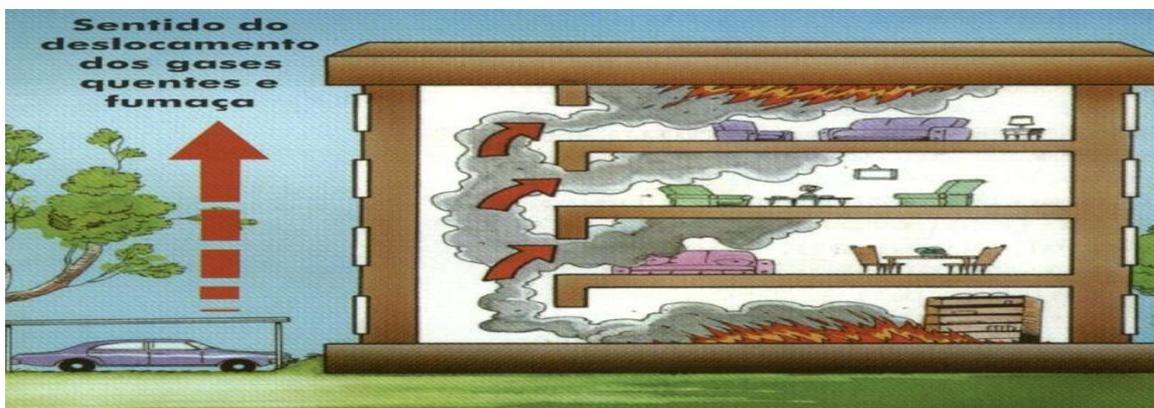


Figura 3. Convecção de calor (MFCB – CBPMESP, 2006).

## 1.2 Método de Extinção do Fogo e suas Classes

Para efetuar a extinção do fogo é necessária a retirada de um dos componentes essenciais como o oxigênio, o calor, o combustível ou a reação de cadeia, os quais formam o tetraedro do fogo. Para que a combustão aconteça ou continue a se propagar tem que estar completo todos os quatros componentes do fogo (CBPMESP, 2006). Na Tabela 1 é apresentado os tipos e descrições dos métodos de extinção do fogo.

Tabela 1. Métodos de Extinção do fogo (Adaptado de CBMMG, 2014).

<b>Método</b>	<b>Descrição</b>
Arrefecimento	É o método mais empregado e consiste em baixar a temperatura do combustível e do meio ambiente abaixo do seu ponto de ignição.
Abafamento	É o método que consiste no isolamento do combustível e do oxigênio ou na redução da concentração deste no ambiente.
Diluição ou eliminação do combustível	É o método que consiste na separação do combustível da fonte de calor ou do ambiente do incêndio.
Inibição da chama ou interrupção da reação em cadeia	Este método modifica a reação química, alterando a liberação dos radicais livres produzidos na combustão impedindo, portanto, que está se desenvolva.

Existem quatro classes de incêndio que são classificadas conforme os materiais envolvidos e a situação em que estão queimando. Desse modo, pode-se determinar o agente extintor específico para se usar em cada classe. Os agentes extintores são aqueles que pode extinguir um ou vários componentes essenciais da combustão, como mostra a Tabela2, pois deste modo rompe-se o tetraedro do fogo, cessando a sua combustão (MEOCB, 2003).

Tabela 2. Agentes Extintores e Classes de Incêndio (Adaptado de CBMMG, 2014).

Agentes Extintores	Água	Espuma Mecânica	Gás Carbônico	Pó Químico
Classes de Incêndios				
<b>A</b> Papel, Tecido, Madeira, Fibras	SIM	SIM	NÃO	NÃO
<b>B</b> Óleo, Gasolina, Graxa, Tinta, G.L.P (gás)	NÃO	SIM	SIM	SIM
<b>C</b> Equipamentos Elétricos, Energizados	NÃO	NÃO	SIM	SIM
<b>D</b> Magnésio, Zircônio, Titânio	NÃO	NÃO	NÃO	SIM (Pó químico especial)

### 1.3 Sistema de Hidrantes e Mangotinhos

De acordo com Gomes (2014):

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; apud GOMES, 2014, p.46).

Na reserva de incêndio de acordo com a IT-17(Instrução Técnica) do CBMMG (2005), deve haver uma quantidade de água pré-determinada exclusivamente para uso durante o primeiro combate dos possíveis incêndios, bem como a bomba de incêndio do tipo centrífuga, que deve ser ligada a um motor elétrico ou movido a combustão. É necessário que seja feito uma segunda ligação na tubulação fora da bomba em reservatórios elevados, para que se houver algum problema na bomba de sucção, a água percorra a tubulação livremente mantendo o fluxo correto. Além destes, é preciso uma rede de tubulações de hidrante que tem diâmetro nominal mínimo de DN65 – 2<sup>1/2</sup>.

Para os sistemas tipo 1 e 2 admite-se diâmetro nominal mínimo de DN50 – 2”, sendo necessária a comprovação de sua eficiência através de laudo de laboratório CBMMG (2005).

Como na IT-17 do CBMMG (2005) toda tubulação aparente, que não seja embutida na parede ou que esteja visível pela porta de inspeção, deverá ser pintada na cor vermelha, ficando fácil a identificação da tubulação de incêndio. Toda a tubulação que vai para os hidrantes e mangotinhos não poderão passar por dutos de ventilação e poços de elevadores.

#### 1.3.1 Dispositivos do Sistema de Hidrantes e Mangotinhos

O sistema é composto por componentes indispensáveis para o seu funcionamento e desempenho, tais como, a mangueira de incêndio, o abrigo e o esguicho, como mostrado na Figura 4.



(a) Mangueira de incêndio tipo 2

(b) Abrigo

(c) Esguicho

Figura 4. Dispositivos do sistema de hidrante e mangotinho (adaptado de ABNTNBR 11861:1998 e NTCB, 2015)

As mangueiras de incêndio, feita de capa simples tecida em fio de poliéster e tubo interno de borracha sintética, resistente e flexível, é adequada tanto a áreas internas como externas, sendo ela do tipo 2, como mostrado na Figura 4.a, que são mangueiras destinadas a edifícios comerciais e industriais de acordo com a ABNT NBR 11861:1998. Além da mangueira de tipo 2, existem mais 4 tipos, cada uma destinada a uma especificação diferente. As mangueiras seguem um padrão de tamanho de 15 a 30 metros, e são definidas conforme especificações do projeto. As mangueiras do sistema de mangotinho são semi-rígidas, similares as utilizadas em postos de gasolina para abastecimento, tendo um diâmetro diferente e vazão de água inferior às mangueiras empregadas no sistema de hidrantes. Para se garantir o bom funcionamento e desempenho das mangueiras, a ABNT NBR 12779:2004 estabelece inspeções a cada 6 meses com a execução do ensaio hidrostático, em que todo o sistema de incêndio são testados para a verificação de resistência e vazamentos através do enchimento dos tubos com água, e a manutenção a cada 12 meses.

O abrigo tem a função de acondicionar à mangueira de incêndio, sendo um dispositivo obrigatório, que deve ser instalado em ambientes fechados como prédios residenciais, comerciais ou em indústrias, como mostrados na Figura 4.b. A instalação do abrigo para mangueira de incêndio deve seguir as especificações técnicas, como, por exemplo, o abrigo precisa estar seco e desobstruído, deve estar próximo a válvula de abertura da água a uma distância máxima de cerca de 5 metros (NTCB, 2015).

Já os esguichos, como visto na Figura 4.c, são dispositivos para o lançamento de água através de mangueiras, sendo reguláveis ou tronco-cônicos, tendo como função regular a vazão de água conduzida da mangueira para o foco do incêndio (NTCB, 2015).

## 1.4 Legislações Vigentes na Área

No estado de Minas Gerais, foi criada o Decreto 46.595 para regulamentar a Lei nº 14.130, que contém o regulamento de Segurança Contra Incêndio e Pânico a ser usado em todo o Estado. Este regulamento tem como objetivo estabelecer os critérios para as medidas de prevenção e oferecer segurança para os ocupantes das edificações.

De acordo com o Decreto 46.595, de 10 de setembro de 2014,

Parágrafo único. Incumbe ao Corpo de Bombeiros Militar de Minas Gerais – CBMMG, as ações de que trata este Decreto.

Art. 2º As exigências das medidas de segurança contra incêndio e pânico das edificações e áreas de risco devem ser cumpridas visando atender aos seguintes objetivos:

I – proporcionar condições de segurança contra incêndio e pânico aos ocupantes das edificações e áreas de risco, possibilitando o abandono seguro;

II – minimizar os riscos de eventual propagação do fogo para edificações e áreas adjacentes, reduzindo danos ao meio ambiente e patrimônio;

III – proporcionar meios de controle e extinção do incêndio e pânico;

IV – dar condições de acesso para as operações do Corpo de Bombeiros Militar;

V – garantir as intervenções de socorros de urgência.

O Estado de Minas Gerais exige que as edificações, exceto as residências unifamiliares, apresentem uma liberação pelo CBMMG, para garantir a segurança da população. Deste modo, as novas edificações a serem construídas, assim como as já existentes, em todo o estado devem apresentar um PSCIP – Processo de Segurança Contra Incêndio e Pânico, ou para casos mais simples, como do OS – Procedimento Simplificado, a Isenção de Auto de Vistoria do Corpo de Bombeiros (AVCB), documento emitido após a verificação das medidas de segurança instaladas em conformidade com o (PSCIP), protocola-se apenas documentação básica exigida pelo CBMMG.

Os Engenheiros Civis que elaboram estes projetos de prevenção contra incêndio, devem estar sempre à par da legislação vigente, e de todas as atualizações das normas técnicas, pois são atualizadas com frequência novos critérios para aumentar a segurança, corrigir falhas, preencher brechas, etc.

Os projetos apresentados no CBMMG para análise visam garantir que as medidas de segurança estão de acordo com as normas de segurança contra incêndio e pânico sempre visando à segurança dos usuários da edificação. Os projetos que são contemplados com o sistema de hidrante devem ser submetidos à análise e aprovação pelo CBMMG evitando erros durante a execução por falha no projeto.

Nas edificações as serem construídas, os sistemas preventivos são dimensionados e executados com mais facilidade, pois é executado juntamente com a obra, de acordo com o projeto.

O grande problema da prevenção contra incêndio é a adaptação de construções existentes e construções antigas. Algumas medidas de segurança têm facilidade na execução pelo fato de ser de fácil instalação, como extintores, iluminação de emergência, sinalização de emergência, etc. Os sistemas de hidrante requerem um cuidado maior devido à instalação que pode afetar na estrutura da edificação para instalação do reservatório, adaptação da bomba de incêndio e instalação das tubulações. Em algumas edificações existentes fica complicado realizar estas instalações.

De acordo com o Decreto 46.595 (2014, p.4)

As edificações existentes, construídas até 1º de julho de 2005, que não possuam Processo de Segurança Contra Incêndio e Pânico – PSCIP, aprovado até a data da publicação deste Decreto deverão atender às tabelas específicas prevista em Instruções Técnicas.

Estas construções existentes são dispensadas de algumas medidas de segurança, mas a rede de hidrante ainda é obrigatória em edificações com área superior a 750 m<sup>2</sup> ou com altura superior a 12 m, e em edificações residenciais a área a ser considerada para instalação de rede de hidrante será acima de 1.200 m<sup>2</sup>.

Os sistemas de hidrantes e magotinhos têm objetivo de evitar catástrofes, quando usado corretamente e de maneira eficiente, pois combate o princípio de incêndio ou é usado para controlá-lo. Sua eficiência se dá a partir da sua pressão e vazão de acordo com seu pré-dimensionamento realizado em projeto.

Todas as medidas de segurança existentes em uma edificação, como é o caso dos hidrantes, deve ter manutenção constante para que sempre esteja em condições de uso, evitando falhas na hora do combate a incêndio. A manutenção preventiva é de inteira responsabilidade do proprietário da edificação estando sujeito a sanções.

## **2 MATERIAIS E MÉTODOS**

Este trabalho se classifica como descritivo, pois através dos estudos desenvolvidos, pretende-se explicar o processo de confecção de um projeto estrutural e o PSCIP simultaneamente. Objetivou-se também analisar os sistemas preventivos de combate a incêndio pelo uso de hidrantes e mangotinhos.

## 2.1 Projeto de Implantação do Sistema de Combate a Incêndio e Pânico

Inicialmente, foram elaborados os projetos arquitetônicos e estruturais, como modelo, para se realizar o projeto de PSCIP tomando como referência as locações dos elementos estruturais. Os projetos base, arquitetônico e estrutural, referem-se a uma galeria comercial com ambientes com lojas e lanchonetes, em estrutura de concreto armado e de alvenaria em blocos, com algumas paredes internas em vidro.

A galeria foi constituída de 3 andares com pé direito duplo de 4 metros por andar. O térreo e o 1º pavimento tem uma área de 357,61 m<sup>2</sup>, e o 2º pavimento com área de 345 m<sup>2</sup> totalizando 1060,22 m<sup>2</sup> de área a ser construída. Os acessos ao 1º e 2º andares são por escada e elevador. No térreo foi implantado a praça de alimentação com 3 lanchonetes com banheiros particulares e dois banheiros públicos, o acesso até o mesmo são pelos pontos de entrada da galeria. Já no 1º e no 2º andares são constituídos por 3 lojas com banheiros particulares e com dois banheiros públicos.

## 2.2 Dimensionamentos do Sistema de Hidrante e Mangotinho

O dimensionamento do sistema, que de acordo com a Instrução Técnica nº 17 do CBMMG (2006, p.06), consiste na determinação do caminhamento das tubulações, dos diâmetros dos acessórios e dos suportes, necessários e suficientes para garantir o funcionamento dos sistemas previstos. A ABNT NBR 13714:2000 também descreve as condições exigíveis para este dimensionamento, na qual a IT-17 se baseia.

Segundo o IT-17, a distribuição dos hidrantes ou mangotinhos deve atender todos os pontos da área a ser protegido através do alcance de um ou dois esguichos, no plano horizontal, considerando apenas o comprimento da mangueira e desconsiderando o alcance do jato de água. O sistema é classificado em tipos de 1 a 5 de acordo com a tipologia da edificação e sua área total construída. Além disso, a IT-17 exige que o dimensionamento seja realizando supondo o uso simultâneo dos dois jatos de água mais desfavoráveis, ou seja, nos locais onde se tem menor pressão dinâmica, considerando a vazão requerente de acordo com o tipo de sistema.

A pressão de água máxima exigida 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 (Neto et al,1998). Logo, 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.

Desse modo, a perda de carga é calculada considerando os dois tipos de perdas. A IT-17 apresenta duas fórmulas para o cálculo desta perda as Equações 1 e 2, que são, respectivamente, a equação de Darcy-Weisbach acrescida da fórmula geral de perda de carga localizada e a equação de Hazen-Williams.

$$h_f = f \cdot \frac{L \cdot v^2}{D \cdot 2 \cdot g} + k \cdot \frac{v^2}{2 \cdot g} \quad (1)$$

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 metros;

$v$  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).

$$h_f = J \cdot L \quad (2)$$

Onde:

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

$L$  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, dada pela Equação 3:

$$J = 605 \cdot Q^{1,85} \cdot C^{-1,85} \cdot D^{-4,87} \cdot 10^4 \quad (3)$$

Em que:

$Q$  é a vazão, em litros por minuto;

$C$  é o fator de Hazem Williams;

$D$  é o diâmetro interno do tubo em milímetros.

A equação de Darcy-Weisbach é mais efetiva, porém bastante trabalhoso devido os ábacos e tabelas para determinar o fator de atrito ( $f$ ). Já a equação de Hazem-Williams é a simplificação da equação de Darcy-Weisbach e, portanto, mais prática. Nos dois casos é

importante definir qual material será empregado nas tubulações para se determinar seus fatores  $f$  e  $C$ , que estão relacionados ao fator de rugosidade ou atrito.

Deve-se evitar que a água escoe com uma velocidade excessiva na tubulação, a IT-17 limita a velocidade em qualquer ponto da tubulação, sem bombeamento, a 5 m/s. A verificação desta velocidade é feita pela Equação 4:

$$v = \frac{Q}{A} \quad (4)$$

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.

No sistema com bomba de incêndio deve-se considerar a velocidade máxima da água em 2 m/s, para sucção negativa, ou 3 m/s, para sucção positiva.

A vazão de água é calculada considerando vazão que deverá sair na extremidade do esguicho, denominado de requinte. Para isso, calcula-se a vazão de água através da fórmula geral para orifícios pequenos apresenta na Equação 5 para hidrantes:

$$Q = 0,2046 \cdot d^2 \cdot \sqrt{H} \quad (5)$$

Em que:

$d$  é o diâmetro do requinte (mm);

$H$  é a pressão dinâmica mínima em metros de coluna d'água (mca).

Para calcular a pressão disponível, deve-se aplicar a fórmula de Bernoulli (Equação 6) para cada trecho da tubulação.

$$\frac{P_M}{\gamma} = \frac{P_J}{\gamma} - Z_M + h_f \quad (6)$$

Onde:

$\frac{P_M}{\gamma}$  é a pressão a montante em mca;

$\frac{P_J}{\gamma}$  é a pressão a jusante em mca;

$Z_M$  é o desnível geométrico em metros;

$h_f$  é a perda de carga na tubulação.

Com esta Equação 6 é possível determinar a pressão em todo o trecho da tubulação e verificar o atendimento aos requisitos da norma e da instrução técnica do bombeiro.

### 2.3 Verificação do Alcance do Jato

Conforme o tipo de sistema deve-se verificar o alcance do jato exigido. Para isso utiliza-se as Equações 7 e 8 para o lançamento de um projétil:

$$y_f - y_i = v_y t - \frac{1}{2} g t^2 \quad (7)$$

$$x = v_x t \geq \text{alcance do jato mínimo} \quad (8)$$

Onde:

$y_f, y_i$  são as posições final e inicial do projétil na direção y (vertical);

$x$  é a posição final na direção x (horizontal);

$v_y$  é a velocidade na direção y (vertical);

$t$  é o tempo de queda;

$g$  é a aceleração da gravidade.

#### 2.4 Reserva de Incêndio

Segundo a ABNT NBR 13714:2000, o volume de água destinado ao sistema de combate ao incêndio deve ser calculado pela Equação 9, em função da vazão ( $Q$ ) de dois jatos de água desfavoráveis e do tempo ( $t$ ) de 30 ou 60 minutos conforme o tipo de sistema.

$$V = Q \cdot t \quad (9)$$

#### 2.5 Bomba de Incêndio

A bomba de incêndio servirá para atender pontos onde a pressão não é atendida no sistema convencional. Logo, a sua função será aumentar a pressão na saída do reservatório atendendo os pontos desfavoráveis.

A potência da bomba será determinada utilizando a Equação 10, onde é necessário estabelecer a altura monométrica ( $H_m$ ), a vazão de recalque ( $Q$ ) e, conseqüentemente, a eficiência da bomba ( $\eta$ ), que é igual a 75. A eficiência ou rendimento da bomba é obtido pelo catálogo do fabricante. A potência da bomba também será dada em função do peso específico da água ( $\gamma$ ).

$$P_{bomba} = \frac{\gamma H_m Q}{75} \quad (10)$$

### 3 RESULTADOS E DISCUSSÕES

O objeto em estudo trata-se de um projeto de uma galeria onde será empregado o projeto de PSCIP simultaneamente com o projeto estrutural.

O projeto de combate a incêndio se inicia definido o tipo de ocupação, a carga de incêndio prevista, o tipo de sistema contra incêndio e a reserva de incêndio da edificação em estudo. Para isso, é necessário verificar as IT-09 e IT-17 do CBMMG (2005). No caso em estudo, tem-se um projeto de uma galeria com 1035 m<sup>2</sup> de área total, na qual se enquadra como comercial classificada como grupo C3, descrita na IT-09 como lojas de departamento ou centro de compras (Shoppings), com carga de incêndio de 300 a 800 MJ/m<sup>3</sup>.

O tipo de sistema e a reserva de incêndio foram obtidas conforme a Tabela 3, em que os dados de entradas são a área em m<sup>2</sup> e o grupo da edificação. Assim, a edificação em análise foi dimensionada para uma reserva de incêndio mínima de 12 m<sup>3</sup> ou 12000 L e para o sistema tipo 3.

Tabela 3. Tipo de Sistema e Volume de Reserva de Incêndio mínima (CBMMG, 2005).

Área das edificações e áreas de risco (m <sup>2</sup> )	Grupo/Divisão				
	A-2, A-3, C-1, D-2, E-1, E-2, E-3, E-4, E-5, E-6, 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 Carga Incêndio até 300 MJ/m <sup>2</sup> D-1, D-3, D-4, F-1	B-1; B-2, C-3, F-5, F-6, F-7, F-9, F11 e H4 Carga Incêndio > 300 MJ/m <sup>2</sup> D-1, D-3, D-4 Carga Incêndio acima de 300 até 800 MJ/m <sup>2</sup> C-2, I-2 e J-3	F-10, G-5, L-1 e M-1 Carga Incêndio > 800 MJ/m <sup>2</sup> C-2, I-2, J-3 Carga Incêndio > 300 MJ/m <sup>2</sup> F-1	I-3, J-4, L-2 e L-3	
Até 3.000	Tipo 1 R.I. 6 m <sup>3</sup>	Tipo 2 R.I. 8 m <sup>3</sup>	Tipo 3 R.I. 12 m <sup>3</sup>	Tipo 3 R.I. 20 m <sup>3</sup>	Tipo 3 R.I. 20 m <sup>3</sup>
De 3.001 até 6.000	Tipo 1 R.I. 8 m <sup>3</sup>	Tipo 2 R.I. 12 m <sup>3</sup>	Tipo 3 R.I. 18 m <sup>3</sup>	Tipo 4 R.I. 20 m <sup>3</sup>	Tipo 4 R.I. 30 m <sup>3</sup>
De 6.001 até 10.000	Tipo 1 R.I. 12 m <sup>3</sup>	Tipo 2 R.I. 16 m <sup>3</sup>	Tipo 3 R.I. 25 m <sup>3</sup>	Tipo 4 R.I. 30 m <sup>3</sup>	Tipo 5 R.I. 50 m <sup>3</sup>
De 10.001 até 15.000	Tipo 1 R.I. 16 m <sup>3</sup>	Tipo 2 R.I. 20 m <sup>3</sup>	Tipo 3 R.I. 30 m <sup>3</sup>	Tipo 5 R.I. 45 m <sup>3</sup>	Tipo 5 R.I. 80 m <sup>3</sup>
De 15.001 até 30.000	Tipo 1 R.I. 25 m <sup>3</sup>	Tipo 2 R.I. 35 m <sup>3</sup>	Tipo 3 R.I. 40 m <sup>3</sup>	Tipo 5 R.I. 50 m <sup>3</sup>	Tipo 5 R.I. 110 m <sup>3</sup>
Acima de 30.000	Tipo 1 R.I. 35 m <sup>3</sup>	Tipo 2 R.I. 47 m <sup>3</sup>	Tipo 3 R.I. 60 m <sup>3</sup>	Tipo 5 R.I. 90 m <sup>3</sup>	Tipo 5 R.I. 140 m <sup>3</sup>

O tipo de sistema define qual meio de proteção deverá ser empregado no edifício, hidrante ou mangotinho. Na Tabela 4, tem-se os tipos de sistemas relacionados com o sistema de proteção (hidrante ou mangotinho) e as especificações dos dispositivos auxiliares como, jato do esguicho, diâmetro e comprimento das mangueiras de incêndio, número de expedições e vazão mínima do hidrante mais desfavorável. A edificação estudada se enquadra no tipo 3, portanto, foi utilizado para o dimensionamento do projeto o sistema de proteção por hidrante com esguicho de jato compacto de 16 mm de diâmetro regulável e mangueiras com 40 mm de diâmetro e 30 m de comprimento. Além disso, a vazão mínima do hidrante mais crítico, ou seja, aquele situado para uma menor pressão de água, foi de 250 L/min.

Tabela 4. Tipos de Sistema de Proteção por Hidrantes e Mangotinhos (CBMMG 2005)

Sistema	Tipo	Esguicho	Mangueiras de incêndio		Número de expedições	Vazão mínima ao hidrante mais desfavorável (LPM)*
			Diâmetro (mm)	Comprimento Máximo (m)		
Mangotinho	1	Jatoregulável	25 ou 32	45	Simples	100
Hidrante	2	Jato compacto Ø 13 mm ou regulável	40	30	Simples	125
Hidrante	3	Jato compacto Ø 16 mm ou regulável	40	30	Simples	250
Hidrante	4	Jato compacto Ø 19 mm ou regulável	40 ou 65	30	Simples	400
Hidrante	5	Jato compacto Ø 25 mm ou regulável	65	30	Duplo	650

Após tais definições, deve-se determinar o tipo de material que será empregado na tubulação. Na Tabela 5 é apresentado os fatores “C” de Hazen-Williams para cada tipo de material utilizados em tubulações de água, esse fator se faz necessário no cálculo do dimensionamento do sistema. Em projetos de combate a incêndios é comum utilizar aço galvanizado devido a sua resistência ao fogo e pela disponibilidade no mercado. Portanto, neste projeto foi utilizado o fator “C” igual a 120 para o aço galvanizado.

Tabela 4 - Fator "C" de Hazen-Williams (CBMMG 2005)

Tipo de tubo	Fator "C"
Ferro fundido ou dúctil sem revestimento interno	100
Aço preto (sistema de tubo seco)	100
Aço preto (sistema de tubo molhado)	120
Galvanizado	120
Plástico	150
Ferro fundido ou dúctil com revestimento interno de cimento	140
Cobre	150

**Nota** - Os valores de "C" de Hazen Willians são válidos para tubos novos

### 3.1 Reserva de Incêndio

A reserva de incêndio mínima para este projeto é de 12000 L (ver Tabela 3). A ABNT NBR 13714:2000 preconiza o cálculo do volume para a vazão de dois jatos de água desfavoráveis para um tempo de 30 ou 60 minutos para a reserva de incêndio, conforme a Equação 9. A vazão de dois jatos de água é de 500 L/min (vazão mínima de um jato é igual a 250 L/min) e o tempo estabelecido para o sistema tipo 3 é de 30 minutos, obtém-se, pela Equação 9, um volume de reserva de 15000 L.

O reservatório de incêndio pode ser individual ou compartilhado com o reservatório de água para consumo do edifício. Acabe ao projetista definir qual é a melhor opção de acordo com a viabilidade construtiva. A segunda opção é a mais difundida, pois, reduz o gasto com um segundo reservatório atendendo dois fins de maneira eficiente quando bem dimensionado. A reserva de incêndio não pode ser esgotada pelo consumo de água, portanto, a tomada água deve ser realizada acima do nível da reserva de incêndio.

No projeto estudado foi disposta a reserva de incêndio juntamente com a reserva de água para consumo, como mostra a Figura 5. O sistema de reserva conta com todos os critérios estabelecidos pela ABNT NBR 5626:1998, confeccionada com tampa de inspeção e limpeza, torneira de bóia, sistemas de extravasor e de limpeza, além do uso de reservatório compartimentado, na qual evita a paralisação do fornecimento de água durante a manutenção do reservatório.

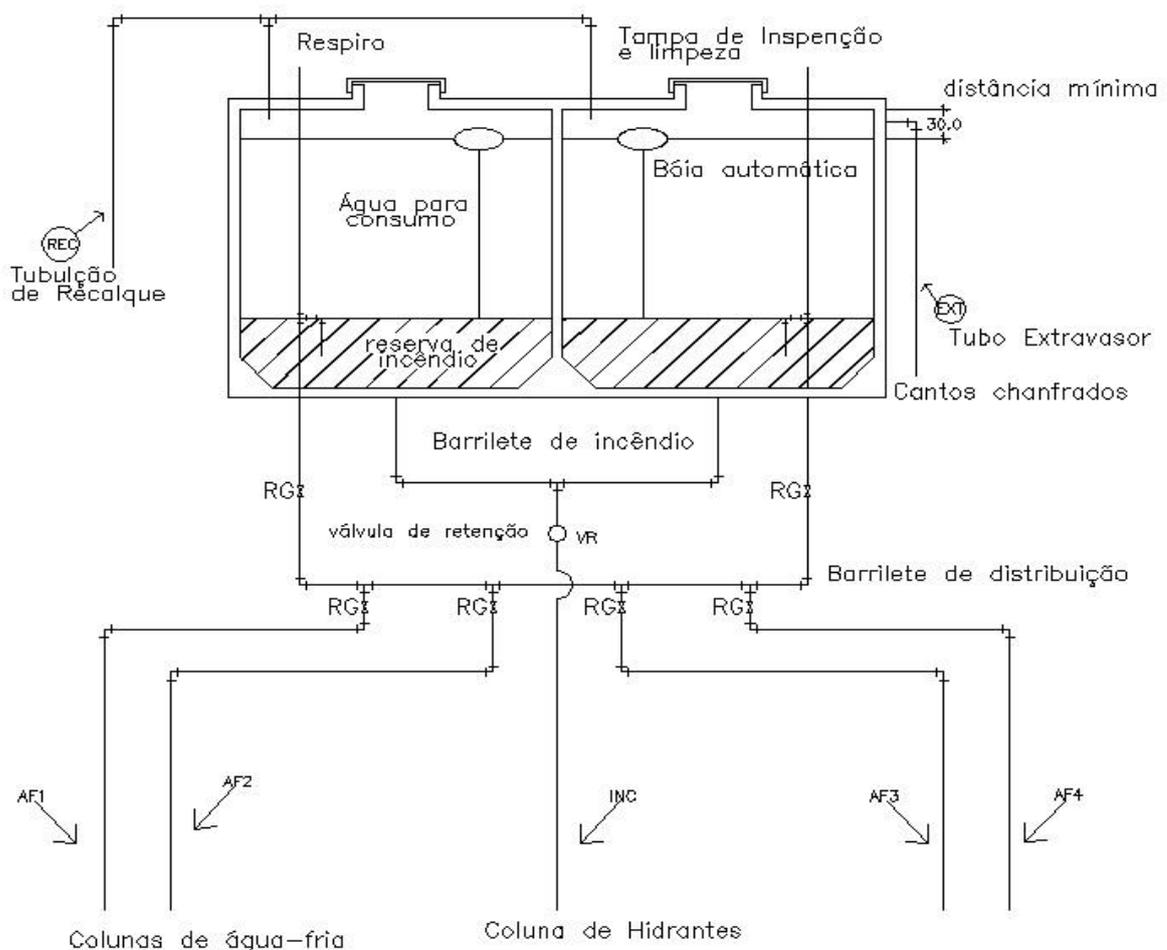


Figura 5. Disposição do sistema de reservação de incêndio.

### 3.2 Concepção do Sistema de Hidrantes

O lançamento do sistema de hidrante adequado é fundamental para que atenda aos seus objetivos. Para isso, é necessário que o sistema atenda as pressões e vazões mínimas nos pontos de saída de água estabelecidas pela IT-17 ou pela ABNT NBR 13714:2000. Além disso, o sistema deve ser posicionado de modo a abranger todos os pontos da edificação, isto é, a mangueira de incêndio tem que alcançar o ponto mais distante do pavimento.

Há ainda que se verificar a compatibilidade do projeto de combate de incêndio com os outros projetos, principalmente o projeto estrutural. A conformidade dos projetos garante menores danos e prejuízos ao construir o edifício.

Neste projeto foi verificada a compatibilidade com o projeto estrutural, de modo que o lançamento do sistema de hidrante e do estrutural fosse adequado e ajustado conforme suas disposições.

A tubulação de incêndio foi posta passando por dentro das paredes. Para isso, foi pensado em paredes mais espessas, de modo que a tubulação se disponha do lado da viga, como mostra a Figura 6. Apenas a laje é perfurada para a passagem da tubulação, porém, como isso é previsto para o dimensionamento da laje, não compromete a integridade da mesma. Cada andar recebeu um hidrante, que foi posicionado juntamente com seus acessórios: abrigo embutido na parede, mangueira de incêndio e esguicho regulável. Todo sistema de hidrante recebe as peças e conexões adequadas ao seu traçado, como, por exemplo, válvulas de retenção, para impedir o retorno da água, registros de gaveta na saída de água no reservatório e registro angular para saída de água nos hidrantes.

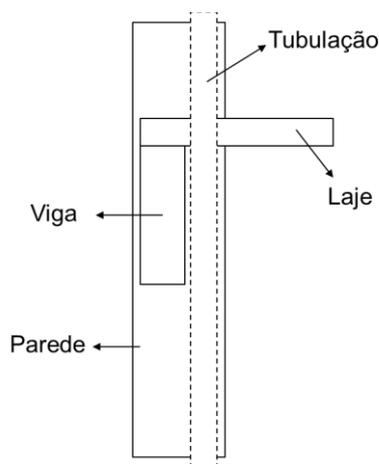


Figura 6. Posicionamento da tubulação na estrutura.

### 3.3 Dimensionamento do Sistema de Hidrantes

No dimensionamento do sistema de hidrantes deve-se calcular dois pontos mais desfavoráveis da edificação, de modo a atender os valores mínimos de pressão e vazão do projeto. Os dois pontos desfavoráveis serão aqueles em que a pressão da água é reduzida, isto é, pontos localizados imediatamente abaixo da reserva de incêndio.

No sistema estudado, os pontos desfavoráveis se encontram nos hidrantes do 3° e 2° pavimentos, como pode ser visto no esquema de cálculo da Figura 7. Portanto, o dimensionamento foi realizado do reservatório (saída de água do reservatório - RS) até o hidrante do 2° piso (H2).

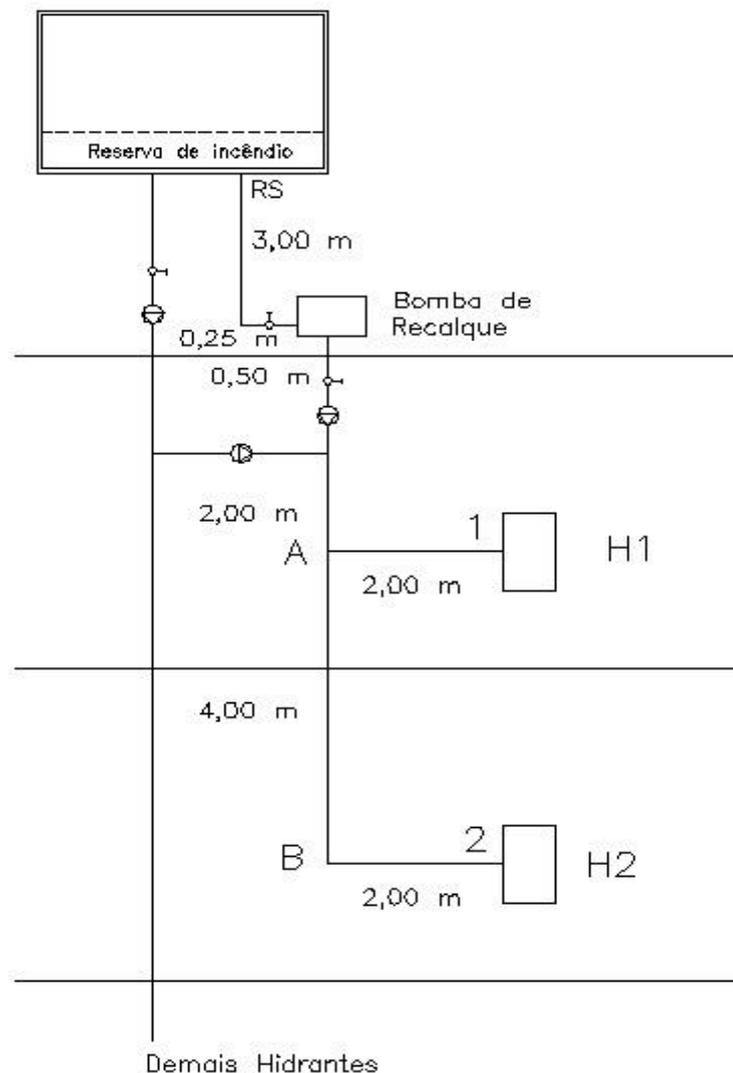


Figura 7. Esquema do sistema de hidrante detalhado para os hidrantes desfavoráveis.

A pressão na saída do hidrante ( $H$ ) foi calculada considerando um esguicho regulável de 16 mm de diâmetro utilizando a Equação 5, obtendo um valor de 22,78 mca. Neste caso foi necessário uso da bomba reforço para os hidrantes desfavoráveis para atender a pressão e a

vazão mínima nos esguichos. Para isso, foi previsto uma bamba atendendo apenas os hidrantes desfavoráveis H1 e H2 (ver Figura 6), conforme as prescrições da IT-17.

Dessa forma, com as equações apresentadas no subitem 2.2 foi dimensionado o sistema de hidrante, como pode ser observado na Tabela 6, na qual é possível verificar o diâmetro da tubulação, a pressão de cada trecho e a perda de carga do sistema.

Tabela 6 - Dimensionamento dos Hidrantes

Trecho	Vazão Estimada (L/min)	Diâmetro (mm)	Velocidade (m/s)	Perda de Carga Unit. (m/m)	Diferença de Cota (m)	Pressão Disponível (m.c.a)	Comprimento da Tubulação		Perda de Carga			Pressão Disponível (m.c.a)
							Lr (m)	La (m)	Tubulação (m)	Registros e outros (m)	Total (m)	
H2-2	280	40	3,71	0,3441	0,0	28,58	30,00	0,00	10,32	0,00	10,32	38,90
2-B	280	63	1,50	0,0377	0,0	38,90	2,00	14,03	0,08	0,53	0,61	39,51
B-A	280	63	1,50	0,0501	4,0	39,51	4,00	14,44	0,20	0,72	0,92	36,43
H1-1	250	40	3,32	0,2790	0,0	22,78	30,00	0,00	8,37	0,00	8,37	31,15
1-A	530	63	2,83	0,1631	0,0	31,15	2,00	14,03	0,33	2,29	2,62	33,77
A-RS	530	63	2,83	0,1631	5,5	15,31	5,75	4,87	0,94	0,79	1,73	30,00

Observa-se pela Tabela 6 que as pressões mínimas e máximas são respeitadas no sistema, na qual a pressão mínima é de 22,78 mca e a pressão máxima é duas vezes a pressão mínima (45,56 mca). O diâmetro da tubulação de incêndio foi de 63 mm (1 ½”), respeitando as prescrições da IT-17, que não permite tubulações com diâmetro inferior a esse. A tubulação de 40 mm, na Tabela 6, refere-se a mangueira de incêndio.

Como houve a necessidade de uma bomba de reforço, a altura monométrica da bomba ( $H_m$ ) é igual à pressão do último trecho, 30 m, logo a vazão recalçada é de 530 L/min (0,00883 m<sup>3</sup>/s). A potência da bomba foi obtida pela Equação 10, na qual:

$$P_{bomba} = 10,1 \text{ cv}$$

#### 3.4 Alcance do Jato

A verificação do alcance do jato de água do hidrante foi realizada através das Equações 7 e 8. Na Equações 7, deve-se prever a trajetória do jato de água na vertical determinando o seu tempo para alcançar a altura máxima (t), assim definiram-se uma altura inicial  $y = 1,5$  m e uma velocidade inicial na direção  $y$  igual a zero, em que::

$$-1,5 = -\frac{1}{2}(9,81)t^2 \rightarrow t = 0,553 \text{ s}$$

Entretanto, o tempo de queda deve ser duas vezes esse valor  $t$  para se obter a distância final do trajeto do jato de água (distância  $x$ ). A velocidade do jato de água na direção  $x$  (horizontal) foi calculada na saída do esguicho de 16 mm de diâmetro e com vazão  $Q$  igual a 250 L/min, sendo igual à:

$$v_x = \frac{4Q}{\pi D^2} = 20,39 \text{ m/s}$$

A distância  $x$  foi determinada pela Equação 8, onde:

$$x = (20,39)(2 \cdot 0,553) = 22,55 \text{ m} \geq 8 \text{ m}$$

Portanto, o alcance do jato de água é suficiente para o combate a incêndio no edifício em questão.

### 3.5 Estudo de Projeto Adequado de Sistema de Hidrantes

Observou-se no Centro Universitário Unidoctum de Teófilo Otoni o sistema de hidrantes instalado no prédio, como mostra a Figura 8, no qual foi realizado após a construção concluída, isto é, o edifício foi planejado e construído sem o projeto de sistema de hidrantes.



(a) Perfuração da laje.



(b) Abrigo exposto.



(c) Perfuração de viga.

Figura 8. Adaptação de PSCIP em uma edificação já construída

Nota-se que a implantação do sistema posterior a construção gera inconveniente principalmente nos elementos estruturais, como pode ser visto na Figura 8.a e 8.c, em que a tubulação perfura a laje e a viga. É notável que houve um estudo prévio antes de realizar tais modificações na estrutura do edifício, porém, gera um desconforto aos usuários no prédio, tanto de forma estética quanto em relação a segurança estrutural.

Por isso a importância de se fazer o projeto de PSCIP desde o início para gerar situações como desse caso. A compatibilização dos projetos estruturais e de incêndio é fundamental para que não ocorram problemas estéticos, executivos e estruturais, que consequentemente acarretar economia na fase construtiva e de uso da edificação. Na Figura 9

é apresentado um exemplo de sistema de hidrantes elaborado em conjunto com os projetos arquitetônico e estrutural da edificação.



Figura 9. Sistema de Hidrante planejado e embutido.

#### 4 CONCLUSÃO

Como foi proposto neste trabalho, relatou-se a importância de se desenvolver o Processo de Segurança Contra Incêndio e Pânico desde o início da obra, sempre enfatizando o planejamento que deve se seguir desde o projeto estrutural da edificação até a conclusão dele. O dimensionamento do sistema segue instruções técnicas específicas, na qual deve-se conhecer a ocupação do ambiente e suas características, de modo a prever sua carga de incêndio e seu sistema de combate a incêndio. Os cálculos são similares a um sistema hidráulico, o que pode ser realizado em conjunto com este projeto. Viu-se através do exemplo da Faculdade Doctum - Teófilo Otoni, que quando não há uma antecipação em relação ao Processo de Segurança Contra Incêndio e Pânico durante a obra, é necessário realizar a adaptação do sistema na edificação, onde o abrigo fica exposto ao invés de ficar embutido na parede e a encanação interfere nos elementos estruturais existentes, provocando insegurança aos usuários e um elevado custo para análise e estudo dessa adaptação sem comprometer a integridade da estrutura. Portanto, conclui-se que ao se fazer o projeto de PSCIP junto ao projeto estrutural não haverá prejuízos futuros com adaptações ou intervenções indesejadas, além disso, o projeto atenderá a estética, a funcionabilidade e a segurança estrutural na qual foi concebido no projeto arquitetônico e estrutural.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. (1998) ABNT NBR 11861: Mangueira de incêndio - Requisitos e métodos de ensaio. Rio de Janeiro/RJ.
- \_\_\_\_\_. (2004) ABNT NBR 12779: Mangueiras de incêndio – Inspeção, Manutenção e Cuidados. Rio de Janeiro/RJ.
- \_\_\_\_\_. (2000) ABNT NBR 13714: Sistemas de hidrantes e de mangotinhos para combate a incêndio. Rio de Janeiro/RJ.
- \_\_\_\_\_. (1998) ABNT NBR 5626: Instalação predial de água fria. Rio de Janeiro/RJ
- CORPO DE BOMBEIROS DA POLÍCIA MILITAR DO ESTADO DE SÃO PAULO – CBPMESP. IT-02: Conceitos Básicos de Proteção Contra Incêndio. São Paulo, 2011.
- CORPO DE BOMBEIROS MILITAR DE MINAS GERAIS – CBMMG. IT-01: Procedimento Administrativo. Minas Gerais, 2014.
- FERIGOLO, Francisco Celestino. Prevenção de incêndio. Porto Alegre: Sulina, 1977.
- GOMES, Tais.UFSM<[http://coral.ufsm.br/engcivil/images/PDF/2\\_2014/TCC\\_TAIS%20GOMES.pdf](http://coral.ufsm.br/engcivil/images/PDF/2_2014/TCC_TAIS%20GOMES.pdf) > (Acesso: 09/11/18 – 18:50H)
- INSTRUÇÃO TÉCNICA IT- 09: Carga de Incêndio nas Edificações e Áreas de Risco. Minas Gerais, 2005
- INSTRUÇÃO TÉCNICA IT-17: Sistema de Hidrantes e Mangotinhos para Combate a Incêndio. Minas Gerais, 2005.
- MANUAL DE EMPREGO OPERACIONAL. Minas Gerais(2003) MEOCB.
- MINAS GERAIS. Lei estadual nº 14.130, de 19 de dezembro de 2001. Dispõe sobre a prevenção contra incêndio e pânico do Estado e dá outras providências. Publicação – Minas Gerais Diário do Executivo – 20/12/2001 PAG. 2 COL.2
- MINAS GERAIS. Decreto 46.595, de Setembro de 2014. Altera o Decreto nº 44.746, de 29 de fevereiro de 2008, que regulamenta a Lei nº 14.130, de 19 de dezembro de 2001, que dispõe sobre a prevenção contra incêndio e pânico no Estado e dá outras providências. Publicação – Minas Gerais Diário do Executivo – 11/09/2014 pág. 1 col.1
- NETO, A.; FERNANDEZ, M. F.; ARAUJO, R.; ELJI ITO, A. Manual de Hidráulica. Editora Edgard Blucher, ed 8, São Paulo, 1998.
- NORMA TÉCNICA DO CORPO DE BOMBEIROS do Mato Grosso – NTCB. Sistema de Proteção por Hidrantes e Mangotinhos. Mato Grosso, 2015.