



**Renan Bagetti**

**DIMENSIONAMENTO DE UMA REDE HIDRÁULICA DE  
COMBATE A INCÊNDIO**

**Horizontina**

**2015**

**Renan Bagetti**

**DIMENSIONAMENTO DE UMA REDE HIDRÁULICA DE  
COMBATE A INCÊNDIO**

Trabalho Final de Curso apresentado como requisito parcial para a obtenção do título de Bacharel em Engenharia Mecânica, pelo Curso de Engenharia Mecânica da Faculdade Horizontina.

ORIENTADOR: Anderson Dal Molin, Mestre.

**Horizontina**

**2015**

**FAHOR - FACULDADE HORIZONTALINA  
CURSO DE ENGENHARIA MECÂNICA**

**A Comissão Examinadora, abaixo assinada, aprova a monografia:**

**Dimensionamento de uma rede hidráulica de combate a incêndio**

**Elaborada por:**

**Renan Bagetti**

Como requisito parcial para a obtenção do grau de Bacharel em  
Engenharia Mecânica

**Aprovado em: 13/11/2015  
Pela Comissão Examinadora**

---

**Me. Anderson Dal Molin  
Presidente da Comissão Examinadora - Orientador**

---

**Dr. Ademar Michels  
FAHOR – Faculdade Horizontalina**

---

**Esp. Leonardo Teixeira Rodrigues  
FAHOR – Faculdade Horizontalina**

**Horizontalina  
2015**

## **DEDICATÓRIA**

Dedico este trabalho a minha família pela compreensão incondicional durante toda esta jornada.

## **AGRADECIMENTOS**

Aos meus pais, irmãos e demais familiares, que auxiliaram para que este sonho tornasse realidade.

A todos os professores da FAHOR que passaram por minha vida acadêmica e que contribuíram de alguma forma para o meu aprendizado.

Aos colegas e amigos que estiveram sempre presentes durante esta jornada de dedicação.

“O que prevemos raramente ocorre; o que menos esperamos geralmente acontece.”  
(Benjamin Disraeli)

## RESUMO

Atualmente as empresas estão investindo em instalações de prevenção e combate a incêndio, devido a cobranças rigorosas dos órgãos competentes e também pelo fato de estar entendendo que não é apenas uma cobrança, e sim a segurança das pessoas que estão envolvidas e também uma segurança para o próprio negócio. Esse trabalho tem por objetivo apresentar o dimensionamento de uma rede principal de combate a incêndio, bem como selecionar uma moto bomba adequada que possa suprir a demanda requerida. O correto dimensionamento faz-se necessário, pois um sistema como esse não permite falhas, devido estar protegendo vidas e o patrimônio. Buscou-se através de um embasamento teórico nas literaturas existentes, a melhor forma de demonstrar o dimensionamento, por isso descreveu-se as principais etapas dos cálculos de forma sucinta. Inicialmente foram definidas as ampliações e também definido o leiaute da rede de incêndio, na sequencia seguiu-se o roteiro de cálculos proposto pelas bibliografias pesquisadas. Com a elaboração dos cálculos obteve-se o diâmetro da rede principal de combate a incêndio e os dados necessários para seleção de uma moto bomba adequada para o sistema. Identificou-se através dos resultados obtidos, que os objetivos de dimensionar a rede principal de combate a incêndio e selecionar uma moto bomba adequada para atender o sistema foram atingidos, como também foi de suma importância à revisão de literatura e o estudo das normas pertinente, que facilitaram o desenvolvimento do projeto, identificando melhores maneira de fazer os cálculos e proporcionando um conhecimento maior na área em estudo.

Palavras-chaves: Rede Principal de Combate a Incêndio - Moto Bomba - Dimensionamento.

## **ABSTRACT**

Nowadays companies are investing in prevention and firefighting installations, due to stringent requirements of the competent agencies and understanding that it is not just a charge, but the safety of people who are involved and also a safety for the business itself. This work intends to present the design of a main pipe firefighting, as well as select a suitable fire pump motor that can meet the required demand. Proper sizing is necessary because a system like this does not allow failures due to be protecting lives and property. It attempted through a theoretical basis in the existing literature, the best way to demonstrate the dimensioning, described the main stages of the calculations in a succinct way. At first were defined expansion and also set the layout of the fire pipe, then followed the script calculations proposed by the researched bibliographies. With the preparation of calculations obtained the diameter of the main pipe firefighting and the necessary data for selecting a suitable fire pump motor for system. Has identified up through the results, that the objectives of size the main pipe fire fighting and select a suitable pump to meet the system were achieved, was also of great importance to review of the literature and study of relevant standards, which facilitated the project development, identifying the best way to do the calculations and providing greater knowledge in the study area.

Keywords: Main Pipe Fire Fighting – Fire Pump Motor – Scaling



## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Rotores.....	17
Figura 2 - Carcaça .....	18
Figura 3 - Bomba Centrífuga.....	19
Figura 4 - Faixa de desempenho .....	33
Figura 5 - Faixa de pressão .....	34
Figura 6 - Potência.....	34
Figura 7 - Faixa de desempenho .....	35
Figura 8 - Tipo de motor .....	35

## LISTA DE SÍMBOLOS E ABREVIATURAS

$A$ : Área;

$C$ : Coeficiente de rugosidade das paredes internas;

$d$ : Diâmetro interna da canalização;

$J$ : Perda de carga;

$P_r$ : Pressão requerida;

$Q$ : Vazão;

$Q_{hid}$ : Vazão hidrante;

$Q_r$ : Vazão requerida;

$Q_{total}$ : Vazão total;

$v$ : Velocidade;

$\varepsilon$ : Rugosidade absoluta das paredes internas do tubo.

### ABREVIATURAS

NBR: Norma brasileira;

NFPA: National Fire Protection Association;

RTI: Response time index;

VGA: Válvula de governo e alarme.

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO.....</b>	<b>11</b>
1.1 JUSTIFICATIVA .....	12
1.2 OBJETIVOS.....	12
1.2.1 OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....	12
<b>2 REVISÃO DA LITERATURA .....</b>	<b>13</b>
2.1 INCÊNDIO.....	13
2.2 LEGISLAÇÕES DE COMBATE A INCÊNDIO .....	14
2.3 SISTEMAS HIDRÁULICOS DE COMBATE A INCÊNDIO.....	15
2.3.1 SISTEMAS SOB COMANDO .....	15
2.3.2 SISTEMAS AUTOMÁTICOS .....	15
2.4 BOMBA HIDRÁULICA DE COMBATE A INCÊNDIO .....	16
2.4.1 BOMBAS CENTRÍFUGAS.....	17
2.4.2 CAVITAÇÃO .....	19
2.4.3 PERDA DE CARGA.....	19
<b>3 METODOLOGIA.....</b>	<b>23</b>
3.1 MÉTODOS E TÉCNICAS UTILIZADOS.....	23
<b>4 APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DOS RESULTADOS .....</b>	<b>26</b>
4.1 VAZÃO E PRESSÃO REQUERIDA.....	26
4.2 DESENVOLVIMENTO DOS CÁLCULOS .....	26
4.2.1 DEFINIÇÃO DO DIÂMETRO DA TUBULAÇÃO .....	27
4.2.2 CÁLCULOS DE PERDA DE CARGA .....	27
4.2.3 DEFINIÇÃO DA MOTO BOMBA .....	33
<b>5 CONCLUSÕES.....</b>	<b>36</b>
<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>37</b>
<b>ANEXO A – TABELA COMPRIMENTO EQUIVALENTE .....</b>	<b>39</b>
<b>ANEXO B – PLANTA INDUSTRIAL .....</b>	<b>ERRO! INDICADOR NÃO DEFINIDO.</b>

## 1 INTRODUÇÃO

Uma das maiores conquistas da humanidade foi o domínio do fogo. Com o controle do fogo o homem passou a aquecer-se, esquentar as refeições, e até mesmo preparar suas ferramentas. Hoje se sabe a importância dessa reação química no nosso dia a dia, porém quando o fogo foge do nosso controle passa a ser chamado de incêndio, e esse sim, além de destruir bens materiais acaba por destruir vidas. Para Brentano (2011) o fogo sempre irá conviver com o homem, por isso ambos devem viver em harmonia e, para que isso aconteça, ele deve ser controlado para que esta relação não seja quebrada.

Para que se possa extinguir e evitar que incêndios se propaguem, existem vários tipos de proteções que atuam manualmente e até automaticamente, que sendo dimensionadas de forma correta extinguem o fogo em seu princípio, eliminando o risco potencial de se tornar um incêndio.

Com o grande número de acidentes ocorridos nos últimos anos com incêndios, as normas e exigências estão cada vez mais rígidas. Indústrias e instalações já existentes estão tendo que investir para cumprir e atender as exigências, já quando se trata de uma nova construção, os projetos de proteção e combate a incêndio devem ser considerados e tratados com a mesma atenção dos demais projetos da construção, buscando atender todas as normas e recomendações necessárias.

Para cada tipo de edificação existe uma proteção mínima recomendada, tudo depende do tipo de construção ou instalação, e qual será a ocupação e utilização do ambiente, muitas vezes essa proteção é mal projetada, pois dependendo do tipo de proteção necessária o custo se torna elevado, e os proprietários acabam por não investir na proteção adequada. Vale a pena ressaltar a importância da manutenção do sistema de combate a incêndio, pois não adianta existir um sistema instalado, bem dimensionado, e na hora que for necessário a utilização do mesmo, ele não atuar de forma eficiente.

A planta indústria em estudo está passando por um aumento de produtividade e iniciando a fabricação de um novo produto, com isso fez-se necessário ampliações dos prédios existentes e a construção de novas áreas. Diante deste contexto o trabalho visa dimensionar a rede hidráulica principal de combate a incêndio e selecionar uma moto bomba adequada para atender a demanda.

## 1.1 JUSTIFICATIVA

Companhias de seguros, corpo de bombeiros e normas, estão ficando mais rigorosos devido ao grande numero de acidentes que veem ocorrendo com incêndios, então é importante que os projetos de prevenção e combate a incêndio nasçam desde a concepção do projeto como um todo, pois os mesmos devem ser aprovados pelos órgãos competentes antes de iniciar as instalações.

Atualmente as indústrias zelam pela segurança dos colaboradores, proteção do seu patrimônio e a garantia da produtividade. Para atender essas necessidades, é importante que um sistema de proteção e combate a incêndio ser confiável e bem dimensionado, que possa combater o incêndio em seu princípio.

Esse trabalho justifica-se pelo fato de que para ter um sistema que atenda as necessidades exigidas, é necessário um dimensionamento adequado das redes de proteções e combate a incêndio, onde envolve tubulações, escoamento de fluido e moto bombas.

O trabalho irá apresentar alguns conceitos e o dimensionamento de uma rede de combate a incêndio, também selecionar a moto bomba adequada para atender a demanda necessária.

## 1.2 OBJETIVOS

O objetivo geral desta pesquisa é dimensionar a rede principal de combate a incêndio e selecionar a moto bomba adequada para atender o sistema, garantindo a proteção e as conformidades com normas referentes ao assunto e também recomendações da seguradora da companhia.

### 1.2.1 Objetivos específicos

Os objetivos específicos desta pesquisa são:

- Definir os requisitos necessários para o dimensionamento;
- Atender as recomendações exigidas pelos órgãos competentes;
- Dimensionar a rede geral do sistema;
- Selecionar a moto bomba adequada.

## 2 REVISÃO DA LITERATURA

A revisão da literatura abrange as teorias que suportam o trabalho, pesquisando os principais autores e suas contribuições para o tema. Nesta revisão será apresentado um embasamento teórico sobre incêndio, legislação de combate a incêndio, principais sistemas hidráulicos de combate a incêndio, bombas de combate a incêndio, cavitação e perda de carga.

### 2.1 INCÊNDIO

Sabe-se da importância do fogo no dia a dia das pessoas, quando utilizado de forma controlada é usado para aquecer alimentos, para acender uma fogueira entre outros benefícios, porém deve-se sempre levar em consideração que por trás dos benefícios existe um risco, pois, perdendo o controle sobre o fogo, se passa a chamá-lo de incêndio, e este pode ocasionar perdas materiais e também pode destruir vidas.

O fogo é uma reação química que depende de três elementos básicos, o combustível, a fonte de ignição e o comburente, dessa reação desprende calor e luz, mas devemos ressaltar que o principal alimento do fogo é o combustível que se apresenta dividido em quatro estados físicos que são classificados como sólido (Madeira, plásticos, etc.), líquido (Gasolina, álcool, etc.), gasoso (Acetileno, butano, etc.), e metais, também chamados fogos especiais (metais em pó (alumínio, cálcio, titânio), sódio, potássio, magnésio, urânio). Já os combustíveis que queimam muito rápido são chamados de inflamáveis. O que dá início ao fogo é o calor, e o que o mantém e o propaga é a mistura dos três elementos em intensidade ideal, a fonte de ignição vem das fontes ao nosso redor, como brasas de cigarros e a chama de um fogão. Já o comburente, nada mais é que o ativador da chama, ou seja, que da vida as chamas, o comburente mais comum que podemos citar é o oxigênio, presente no ar que respiramos.

Juntando os três elementos citados com a intensidade ideal, tem-se como resultado fogo, e vale apenas ressaltar que a falta de qualquer um destes elementos não o deixará existir.

## 2.2 LEGISLAÇÕES DE COMBATE A INCÊNDIO

Para elaboração dos projetos de prevenção e combate a incêndio, devem-se seguir normas, leis, padrões e recomendações, então a será citada algumas que são de extrema importância para ser ter um bom resultado e uma garantia de proteção.

### **Lei complementar 14.376/2013**

A lei complementar 14.376/13, também conhecida como lei “KISS” surgiu após o trágico acidente na Boate KISS em Santa Maria - RS.

Para a elaboração da lei foi definido uma comissão de especialistas, o objetivo da mesma é que o conteúdo, as exigências e responsabilidades sejam mais transparentes e também mais criteriosa e rigorosa nas fiscalizações.

### **NBR 13714 - Sistemas de hidrantes e de mangotinhos para combate a incêndio**

O objetivo desta Norma fixa as condições mínimas exigíveis para dimensionamento, instalação, manutenção, aceitação e manuseio, bem como as características, dos componentes de sistemas de hidrantes e de mangotinhos para uso exclusivo de combate a incêndio.

### **NBR 10897 - Proteção contra incêndio por chuveiro automático**

O objetivo desta Norma fixa as condições mínimas exigíveis para projeto, cálculo e instalação de sistemas hidráulicos de proteção contra incêndio, por chuveiros automáticos para edificações, bem como determina as dimensões e adequação dos abastecimentos de água para o suprimento exclusivo destes sistemas.

Além das normas e leis brasileiras, vale a pena conhecer as normas americanas NFPA, que é uma associação nacional de combate a incêndio.

**NFPA 13** – Define os requisitos fundamentais do dimensionamento e instalação dos sistemas de extinção automática por sprinklers.

**NFPA 14** – Prevê requisitos para a instalação de hidrantes e mangotinhos, para garantir que os sistemas vão funcionar como o esperado para entregar suprimentos de água adequados e confiáveis em uma emergência de incêndio.

**NFPA 20** – Protege a vida e a propriedade, fornecendo os requisitos para a seleção e instalação de bombas, para garantir que os sistemas vão funcionar como

o esperado e para entregar os suprimentos de água adequados e confiáveis em uma emergência de incêndio.

## 2.3 SISTEMAS HIDRÁULICOS DE COMBATE A INCÊNDIO

São sistemas como o próprio nome diz, utilizados no combate a incêndio e podem ser classificados como, sistemas sob comando e sistemas automáticos.

### 2.3.1 Sistemas sob comando

Os sistema sob comando são pontos localizados estrategicamente, pois os mesmos são alimentados por uma rede hidráulica pressurizada, a ativação do sistema é feita manualmente por uma válvula, também é necessário mangueiras de incêndio para poder chegar próximo ao foco do incêndio e direcionar a água.

Existem dois sistema sob comando, o mangotinho que é mais utilizado em prédios residenciais, possui mangueiras semirrígidas de Ø 25 mm, é conectado permanentemente ao esguicho e pode ser operado apenas por uma pessoa devidamente treinada. Já os hidrantes possuem mangueira de Ø 38 ou 63 mm, devem ser montadas no sistema assim que for necessária a utilização, e por trabalhar com pressões maiores que os mangotinhos, é necessário mais de uma pessoa para operação, pois extingue incêndios com mais rapidez e isso explica o motivo de ser a forma mais utilizada em indústrias.

### 2.3.2 Sistemas automáticos

Como o nome já diz, são sistemas que funcionam automaticamente, atuando no combate do incêndio e ativados pelo calor do fogo, também podem ser divididos em dois sistemas, sistema de chuveiros automáticos (sprinklers) e sistema de projetores (bicos nebulizadores de média e alta pressão).

**Sprinklers:** O sistema é constituído por uma rede de água pressurizada e os sprinklers são distribuídos uniformemente sobre todas as áreas a serem protegidas, os chuveiros automáticos possuem uma ampola de vidro contendo um líquido altamente expansível e sensível ao calor ou um fusíveis de liga metálica que



rompem quando atinge determinada temperatura, liberando a passagem da água que por sua vez irá manter a pressão com o auxílio de uma moto bomba.

Para a definição do tipo de sprinkler a ser utilizado, deve-se ficar atento a algumas características que definem a capacidade de controlar ou extinguir o fogo, conforme a Associação Nacional de Proteção Contra Incêndio (NFPA) 20:

a) Sensibilidade térmica: é a medida de rapidez com que o elemento térmico opera, ou o índice de tempo de resposta (RTI);

b) Classificação da temperatura: temperatura em que o vidro ou o fusível irá romper;

c) Fator K: Determina tamanho ou forma de orifício, características do deflector, classificação de pressão e sensibilidade térmica.

d) Orientação de instalação: São orientações descritas na norma, que auxilia na definição do tipo de sprinkler a ser utilizado;

e) Característica de distribuição da água: Definição de como a água será lançada no ambiente.

**Projetores:** O sistema é muito parecido com o sistema de sprinklers, porém os projetores de água quando acionados geram uma neblina muito fina, devido ao jato de água sair em alta velocidade e possuir internamente um filtro, o mesmo é utilizado para combater incêndios específicos em óleos, líquidos inflamáveis, atua pelo princípio de resfriamento, e é indicado também para combater incêndio em equipamento elétrico, pois o jato de água sai em alta velocidade, se transformando em partículas e não permitem a passagem de corrente elétrica.

## 2.4 BOMBA HIDRÁULICA DE COMBATE A INCÊNDIO

Bombas são máquinas operatrizes hidráulicas que fornecem energia ao fluido com a finalidade de transportá-lo de um ponto a outro. Normalmente recebem energia mecânica e a transformam em energia de pressão e cinética ou em ambas (AZEVEDO NETTO et al. 1998).

Segundo Brentano (2011), consideram-se mais indicadas para combate a incêndio, as bombas centrífugas puras ou de escoamento radial, pois são compactas, confiáveis, seguras, de fácil manutenção e podem ser acionadas tanto por motores elétricos como por motores de combustão interna.

### 2.4.1 Bombas centrífugas

As bombas centrífugas são bombas hidráulicas que têm como princípio de funcionamento a força centrífuga através de palhetas e impulsores que giram no interior de uma carcaça estanque, jogando líquido do centro para a periferia do conjunto girante (AZEVEDO NETTO et al. 1998).

Bombas centrífugas se enquadram como máquinas de fluxo, segundo HENN (2006), máquina de fluxo pode ser definida como um transformador de energia (sendo necessariamente o trabalho mecânico uma das formas de energia) no qual o meio operante é um fluido que, em sua passagem pela máquina, interagem com um elemento rotativo, não se encontrando, em qualquer instante, confinado.

As bombas centrífugas são largamente empregadas, devido à sua adaptabilidade a praticamente qualquer serviço. Podem ser fabricadas numa variedade enorme de materiais, para resistirem à ação corrosiva de qualquer líquido. São empregados em suas peças, materiais tais como ferro fundido, aço-carbono, aço cromo e níquel, bronze, aço inoxidável, vidro, grafite, cerâmica, plástico rígidos, borrachas endurecidas, neoprene, teflon, fibra de vidro, Noryl (MACINTYRE, 1997, p. 569).

A bomba centrífuga é constituída essencialmente de duas partes:

- Uma parte móvel: rotor solidário a um eixo (denominado conjunto girante)
- Uma parte estacionária carcaça (com os elementos complementares: caixa de gaxetas, mancais, suportes estruturais, adaptações para montagens etc.).

**Rotor:** É a peça fundamental de uma bomba centrífuga, a qual tem a incumbência de receber o líquido e fornecer-lhe energia. Do seu formato e dimensões relativas vão depender as características de funcionamento da bomba.

Figura 1 - Rotores



**Carcaça:** É o componente fixo que envolve o rotor. Apresenta aberturas para entrada do líquido até ao centro do rotor e saída do mesmo para a tubulação de descarga.

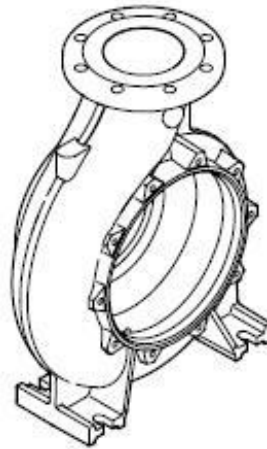
Fundido juntamente, ou a ela preso mecanicamente, tem a câmara (ou câmaras) de vedação e a caixa (ou caixas) de mancal.

Possui na sua parte superior, uma abertura (suspiro) para ventagem e escorva; e na parte inferior, outra para drenagem. Nas bombas de maior porte, tem ainda as conexões para as tubulações de “líquido de selagem” e “líquido de refrigeração”.

O bocal (flange) de entrada do fluido na carcaça recebe o nome de “sucção da bomba” e o de saída de “descarga da bomba”.

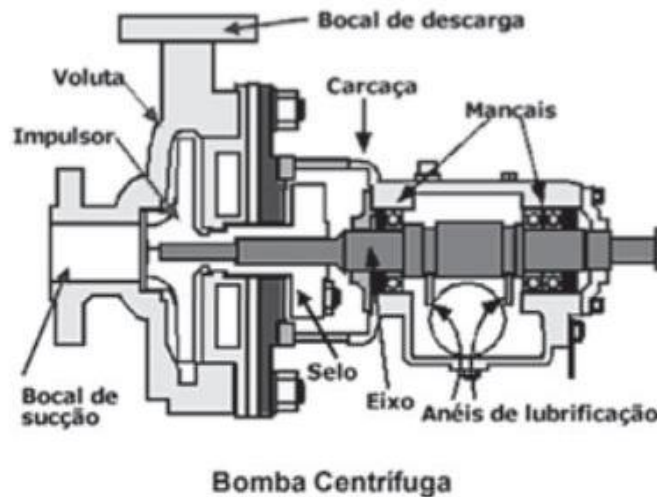
Os materiais geralmente utilizados na fabricação da carcaça são: ferro fundido, aço fundido, bronze e aços liga.

Figura 2 - Carcaça



Fonte: Grundfos data booklet.

Figura 3 - Bomba Centrífuga. [s.d.]



Fonte: Bombas: guia básico / Eletrobrás. (2009)

### 2.4.2 Cavitação

De acordo com MACINTYRE (2012), cavitação é o fenômeno em que a pressão absoluta baixa até igualar-se a pressão de vapor do líquido, na temperatura em que este se encontra. Já para HENN (2006) cavitação consiste na formação e subsequentes colapso, no seio de um líquido em movimento, de bolhas ou cavidades preenchidas, em grande parte, por vapor do líquido.

### 2.4.3 Perda de Carga

A perda de carga (energia) por atrito ao longo de uma tubulação é a energia dissipada que se transforma em calor devido ao efeito da viscosidade do fluido (atrito interno), juntamente com os choques entre as partículas do fluido e as paredes do tubo (turbulência). Essa perda depende das características físicas do fluido (viscosidade e massa específica) e das características geométricas da tubulação (diâmetro interno ( $d$ ) e a rugosidade absoluta ( $\varepsilon$ ) das paredes internas do tubo).

A perda de carga divide-se em perda de carga localizada e perda de carga distribuída. Esta divisão ocorre em função das diferenças que levam à perda de carga. Assim, em uma instalação hidráulica predial ou industrial, as perdas de carga localizadas são tão importantes quanto às perdas de carga distribuídas, sendo que isso não ocorre em instalações como linhas de adutoras, pois as perdas de carga

localizadas são praticamente desprezíveis quando comparadas às perdas distribuídas.

Todo sistema possui trechos retilíneos em que algumas propriedades como a rugosidade da parede das tubulações, do fluido, da massa específica, da viscosidade, da velocidade e do escoamento provocam uma perda de energia distribuída ao longo de seu comprimento. A rugosidade depende muito do material em questão, pois existe também uma variação de acordo com o estado da tubulação, ou seja, se a tubulação tiver um tempo de utilização (tubulação velha), a perda de carga será maior. Dentre as propriedades do fluido, a viscosidade é a mais importante na dissipação de energia, já que, além de ser proporcional à perda de carga, sua relação com as forças de inércia do escoamento fornece um número adimensional “o número de Reynolds” que é o parâmetro que indica o regime de escoamento.

Há tempos, pesquisadores procuraram estabelecer leis e equações que possam ajudar na determinação dessas perdas de carga. Alguns destes conseguiram credibilidade na aplicação de suas equações.

Para Brentano (2011), para determinar perda de carga distribuída em uma canalização a equação exponencial mais utilizada, com simplicidade de uso e de bons resultados é a equação da Hazen-Williams (Eq. 01), a mesma também é recomendada pelas Normas Brasileiras (NBR) 10.897: 2007 e 13.714:2010 e pela norma americana, Associação nacional de proteção contra incêndio (NFPA) 13: 2007.

Segundo Hazen-Williams apud Brentano, 2011:

$$J = \frac{10,65 \cdot Q^{1,85}}{C^{1,85} \cdot d^{4,87}} \text{ (mca/m)}$$

Eq. 01

Onde:

$J$  = Perda de carga, em “mca/m”;

$Q$  = Vazão, em “m<sup>3</sup>/s”;

$C$  = Coeficiente de rugosidade das paredes internas adimensional;

$d$  = Diâmetro interno da canalização, em “m”;

Conforme Brentano (2011), a equação é usada para calcular perda de carga apenas em tubulações com diâmetro superior a 50 mm, o “C” é o coeficiente de rugosidade, o mesmo é constante para determinado tipo de rugosidade das paredes das tubulações e não depende da velocidade de escoamento da água. Quanto mais lisa as paredes internas da tubulação, maior será o coeficiente “C”, menor será a perda de carga. No Quadro (1), encontram-se os dados do coeficiente “C” para cada tipo de material.

Quadro 1 - Coeficiente de atrito "C" de Hazen-Williams.

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

Fonte: Brentano, 2011

Além da dissipação contínua de energia que se verifica no movimento da água em contato com qualquer conduto, existem também as perdas localizadas ou singulares. Na prática, um sistema de canalizações não é constituído apenas por tubos retilíneos, mas também por peças especiais que, em virtude de sua forma, estabelecem uma quebra da uniformidade, seja por mudança de direção ou turbilhonamento, criando a perda de carga localizada no sistema. Segundo Pimenta (1981), as perdas de carga localizadas dependem fundamentalmente das características do escoamento a montante e a jusante da singularidade.

De acordo com Gomes (1999), na prática, as perdas localizadas de todas as peças especiais são estimadas como sendo uma porcentagem de perdas totais por atrito no sistema de tubulação. Essa porcentagem, que varia entre 10 e 20 %, não considera as perdas localizadas ocasionadas nas peças especiais de regulação e controle de rede hidráulica (filtros, reguladores de pressão, limitadores de vazão, etc), pois produzem perdas acentuadas, que devem ser computadas separadamente

no cálculo total da perda requerida no sistema. Outro procedimento prático é computá-las indiretamente, alterando (para mais ou para menos) o coeficiente de atrito utilizado no cálculo das perdas contínuas.

As perdas localizadas podem ser desprezadas nas tubulações longas cujo comprimento exceda cerca de 4.000 vezes o diâmetro. São ainda desprezíveis nas canalizações em que a velocidade é baixa e o número de peças não é grande. Assim, por exemplo, as perdas localizadas podem não ser levadas em conta nos cálculos das linhas adutoras, redes de distribuição, etc. (AZEVEDO NETTO, 1998).

Segundo MACINTYRE (2012), existem pelo menos três métodos para calcular a perda de carga localizada, aqui será apresentado o método utilizado na pesquisa.

O método utilizado é dos comprimentos virtuais ou equivalentes onde cada peça ou conexão equivale a uma perda de carga igual a que produziria o comprimento da tubulação de mesmo diâmetro, após encontrar todas as perdas de carga equivalente para cada peça ou conexão, soma-se o comprimento equivalente com o comprimento real, que será utilizado como se tivéssemos apenas o comprimento das tubulações. ANEXO A – Tabela comprimento equivalente.

### 3 METODOLOGIA

#### 3.1 MÉTODOS E TÉCNICAS UTILIZADOS

Como metodologia para execução deste trabalho, empregou-se o seguinte procedimento:

- Revisão de literatura;
- Definição do leiaute;
- Coleta de dados;
- Dimensionamento da rede principal;
- Seleção da moto bomba adequada.

**Revisão de literatura:** Para o dimensionamento da rede de combate a incêndio, foi necessário conhecer o funcionamento do sistema, tipos de proteções de combate a incêndio e a forma de fazer esse dimensionamento. Para isso realizou-se uma pesquisa bibliográfica sobre o assunto, livros, artigos, catálogos, páginas da internet e normas pertinentes, para obter um melhor entendimento sobre o sistema.

**Definição do leiaute:** A definição do leiaute é uma das partes mais importantes para posteriormente iniciar o dimensionamento. Nessa fase foram definidas as futuras ampliações, a posição da casa de bombas e a posição da tubulação, todas essas informações foram inseridas em uma planta no software AUTOCAD conforme ANEXO B – Planta industrial.

**Coleta de dados:** Também é de grande importância a coleta de dados para realização do dimensionamento, inicialmente foi verificado o ponto de utilização mais distante da moto bomba e também a vazão e pressão requerida no mesmo, o ponto mais distante está indicado no ANEXO B – Planta industrial, já a vazão e a pressão requerida no ponto foram definidas pela seguradora da companhia que realiza o cálculo em um software.

Em seguida com o auxílio do software AUTOCAD chegou-se ao comprimento total da tubulação e também todos os acessórios conforme Quadro (2).



Quadro 2 - Acessórios da rede principal.

Acessórios	Quantidade
Cotovelo 90° raio longo 10"	7
Cotovelo 45° 10"	6
Tê saída de lado 10"	3
Tê passagem direta 10"	24
Válvula 10"	6

**Dimensionamento da rede principal:** Inicialmente calculou-se o diâmetro da tubulação, aplicando a equação da continuidade (Eq. 02), o valor utilizado para vazão foi à soma da vazão requerida com a vazão de um hidrante duplo, conforme normatizado pela NFPA 14 e seguradora, já a velocidade utilizada foi definida pelo autor, onde a mesma é um pouco menor que a velocidade máxima de 4,5 m/s, recomendada pela NFPA 20, assim foi encontrado a área da tubulação, na sequência foi refeito o calculo com a mesma equação (Eq. 02), porém foi utilizando a vazão anterior, mas desta vez foi utilizado uma tubulação com área superior a encontrada anteriormente, com isso encontramos uma velocidade, e essa por sua vez, menor que a anterior, então o restantes dos cálculos foram feitos utilizando a tubulação maior, pois quanto menor a velocidade menos turbulência termos no sistema.

$$Q = v * A (m^3/s)$$

Eq. 02

Após definido o diâmetro da tubulação, e já tendo a vazão total requerida, foi calculada à perda de carga, utilizando a equação (Eq. 01). Logo após com o auxílio do ANEXO A – Tabela comprimento equivalente, foi encontrado comprimento equivalente de todo acessórios da rede, e esse foi somado ao comprimento total da rede principal, o resultado desta soma foi multiplicado pelo valor na perda de carga anteriormente calculada, e a pressão encontra foi adicionada a pressão requerida no ponto mais distante da moto bomba, tendo o valor da pressão requerida total e a vazão requerida total, consultou-se o catálogo para seleção da moto bomba, mas não foi encontrada nenhuma moto bombas para atender a pressão total requerida.

Na sequência foi verificado em algumas literaturas de como trabalhar com o dimensionamento de redes hidráulicas em anel, e foi constatado que segundo Hardy

Cross apud Azevedo Netto, (1998), que a rede deve ser dividida em trechos e que as a vazão para ambos os sentidos (horário e anti-horário) do anel devem ser divididas de tal forma que a perda de carga por ambos os sentidos seja a mesma. Então foi dividida a rede em trechos e calculada a perda de carga para cada ponto (A, B, C, D, E) sendo que o ponto A é o ponto mais distante da moto bomba e a pressão nele é a requerida, as demais perdas de cargas encontradas nos outros pontos, foram somadas a requerida, e com isso foi encontrado a pressão mínima da moto bomba para atender o sistema. O único trecho que foi calculado a perda de carga aplicado o método de Hardy Cross foi entre o trecho B-C (horário e anti-horário), pois o anel é formado por estes dois pontos.

**Seleção da moto bomba adequada:** Para a seleção da moto bomba adequada para o sistema, foi levado em consideração à vazão total (requerida + hidrante duplo), e a pressão total (requerida + perdas de carga). Em seguida foi selecionado no catalogo a bomba com os parâmetros mais próximos aos valores encontrados nos cálculos.

## 4 APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DOS RESULTADOS

### 4.1 VAZÃO E PRESSÃO REQUERIDA

Conforme mencionado no item 3.1, a vazão e a pressão requerida foi definida pela seguradora que realiza o cálculo através de um software (FIREGRID). Para entender melhor como é realizado o cálculo foi buscando informações nas NBR's e na NFPA's, e conforme NFPA 13, para saber a vazão e a pressão requerida na VGA é necessário fazer o cálculo da perda de carga da rede de sprinkler considerando os 12 bicos de sprinklers mais desfavoráveis operando em conjunto. Abaixo as informações recebidas do cálculo.

VGA (mais distante)

Área de proteção:.....	.2846 m <sup>2</sup>
Numero total de sprinklers.....	400
Total de sprinklers em operação .....	12
Diâmetro do orifício do sprinkler.....	1”(K=22,4) R. rápida
Temperatura de operação do sprinkler.....	70°C
Vazão mínima por sprinkler.....	0,0094 m <sup>3</sup> /s
Pressão mínima por sprinkler.....	.312 kPa
Vazão requerida na VGA.....	0,1134 m <sup>3</sup> /s
Pressão requerida na VGA.....	.746 kPa

### 4.2 DESENVOLVIMENTO DOS CÁLCULOS

Para dar inicio aos cálculos foram coletados os dados necessários para posterior análise e busca de resultados.

$$Q_r = 0,1134 \text{ m}^3/\text{s} - \text{Vazão requerida}$$

$$Q_{hid} = 0,0158 \text{ m}^3/\text{s} - \text{Vazão ponto de hidrante duplo}$$

$$Q_{total} = 0,1292 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$P_r = 746 \text{ kPa} - \text{Pressão requerida}$$

$$v = 4,5 \text{ m/s (velocidade máx. permitida pela NFPA 20)}$$

É necessário acrescentar a vazão de um hidrante duplo  $Q_{hid}$ , pois o sistema deve garantir a demanda de água para os sprinklers e um ponto de hidrante duplo por até uma hora, conforme NFPA 14 e recomendações da seguradora.

#### 4.2.1 Definição do diâmetro da tubulação

Sabendo a vazão e a velocidade, aplicou-se a equação da continuidade para encontrar o diâmetro, porém como a velocidade de 4,5 m/s é a máxima permitida por norma, foi utilizado 3,5 m/s, para não trabalhar nos limites no limite máximo da velocidade, se deixar um folga para possíveis ampliações no futuro.

$$Q_{total} = A \cdot v$$

$$0,1292 \text{ m}^3/\text{s} = \frac{\pi d^2}{4} \cdot 3,5 \text{ m/s}$$

$$d = 0,2169 \text{ m}$$

Eq. 03

Em seguida foi utilizado a mesma equação usando uma tubulação de diâmetro de 10" para verificar a velocidade encontrada.

$$Q_{total} = A \cdot v$$

$$0,1292 \text{ m}^3/\text{s} = \frac{\pi 0,254^2}{4} \text{ m}^2 \cdot v$$

$$v = 2,55 \text{ m/s}$$

Eq. 04

Como a velocidade encontrada foi menor com a tubulação de 10", optou-se em escolher esta para dar seguimento nos cálculos de perda de carga.

#### 4.2.2 Cálculos de perda de carga

Para o cálculo de perda de carga distribuída foi utilizado à equação de Hazen-Williams, e para o cálculo de perda de carga localizado foi utilizado o método de comprimento equivalente, onde encontramos o comprimento equivalente de cada acessório e somas com o comprimento da tubulação, encontrando um comprimento total.

Porém para os cálculos de perda de carga distribuída, a rede foi dividida em trechos conforme ANEXO B – Planta industrial, e aplicada à equação e comprimento equivalente para cada trecho.

Para o coeficiente “C” foi utilizado o valor de 120, valor retirado da Tabela 01, considerando a utilização de tubulação “Aço Preto (para sistema de canalização molhada).

## VGA

### Trecho A-B

$P_{rA} = 746 \text{ kPa}$  – Pressão requerida no ponto A

$Q_r = 0,1134 \text{ m}^3/\text{s}$  – Vazão requerida

$Q_{hid} = 0,0158 \text{ m}^3/\text{s}$  – Vazão ponto de hidrante duplo

$Q_{total} = 0,1292 \text{ m}^3/\text{s}$

$d = 0,254 \text{ m}$

$C = 120$

$$J_{A-B} = \frac{10,65 \cdot Q^{1,85}}{C^{1,85} \cdot d^{4,87}}$$

$$J_{A-B} = \frac{10,65 \cdot 0,1292^{1,85}}{120^{1,85} \cdot 0,254^{4,87}}$$

$$J_{A-B} = 0,0272 \text{ mca/m}$$

Eq. 05

Tabela 1 - Comprimento perda de carga trecho A-B.

Informações trecho A-B			
	Comp. equivalente a perdas (m).	Quantidade	Comp. total (m).
Cotovelo 90° raio longo 10"	5,5 m	1	5,5 m
Comprimento equivalente Total			5,5 m
Comprimento da tubulação no trecho			91 m
Comprimento TOTAL			96,5 m

Fonte: Manual Técnico – Bombas KSB. [s.d.]

Foi multiplicada a perda de carga  $J_{A-B} = 0,0272 \text{ mca/m}$ , pelo **Comprimento TOTAL** (96,5 m), chegamos a um valor de 2,628 mca (25,7kPa), que é igual pressão perdida entre o trecho A-B.

### Trecho B-C sentido horário

A Pressão requerida no ponto B é a  $P_{rA} = 746 \text{ kPa}$  somada à pressão perdida entre o trecho A-B ( $25,7 \text{ kPa}$ ),  $P_{rB} = 771,7 \text{ kPa}$ .

A vazão " $Q_{total}$ ", nesse ponto foi dividida de tal forma com que as perdas de carga pelos dois sentidos ficassem iguais.

$$Q = 0,0709 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$d = 0,254 \text{ m}$$

$$C = 120$$

$$J_{B-C(h)} = \frac{10,65 \cdot Q^{1,85}}{C^{1,85} \cdot d^{4,87}}$$

$$J_{B-C(h)} = \frac{10,65 \cdot 0,0709^{1,85}}{120^{1,85} \cdot 0,254^{4,87}}$$

$$J_{B-C(h)} = 0,008975 \text{ mca/m}$$

Eq. 06

Tabela 2 - Comprimento perda de carga trecho B-C

Informações trecho B-C sentido horário			
	Comp. equivalente a perdas (m).	Quantidade	Comp. total (m).
Cotovelo 45° 10"	3,8 m	2	7,6 m
Tê saída de lado 10"	16,0 m	1	16,0 m
Tê passagem direta 10"	5,5 m	10	55,0 m
Válvula 10"	1,7 m	2	3,4 m
Comprimento equivalente Total			82,0 m
Comprimento da tubulação no trecho			610 m
Comprimento TOTAL			692,0 m

Fonte: Manual Técnico – Bombas KSB. [s.d.]

Foi multiplicada o a perda de carga  $J_{B-C(h)} = 0,008975 \text{ mca/m}$ , pelo **Comprimento TOTAL** ( $692 \text{ m}$ ), chegamos a um valor de  $6,210 \text{ mca}$  ( $60,9 \text{ kPa}$ ), pressão perdida entre o trecho B-C sentido horário.

### Trecho B-C sentido anti-horário

A Pressão requerida no ponto B é a  $P_{rA} = 746 \text{ kPa}$  somada à pressão perdida entre o trecho A-B ( $25,7 \text{ kPa}$ ),  $P_{rB} = 771,7 \text{ kPa}$ .

A vazão “Q” para esse ponto também não será igual a “ $Q_{total}$ ”, e sim a diferença da “ $Q_{total}$ ” com a vazão encontrada anteriormente no sentido horário, que mantém as perdas de carga pelos dois sentidos iguais.

$$Q = 0,0583 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$d = 0,254 \text{ m}$$

$$C = 120$$

$$J_{B-C(a)} = \frac{10,65 \cdot Q^{1,85}}{C^{1,85} \cdot d^{4,87}}$$

$$J_{B-C(a)} = \frac{10,65 \cdot 0,0583^{1,85}}{120^{1,85} \cdot 0,254^{4,87}}$$

$$J_{B-C(a)} = 0,006249 \text{ mca/m}$$

Eq. 07

Tabela 3 - Comprimento perda de carga trecho B-C

Informações trecho B-C anti-horário			
	Comp. equivalente a perdas (m).	Quantidade	Comp. total (m).
Cotovelo 90° 10"	5,5	2	11,0 m
Cotovelo 45° 10"	3,8 m	4	15,2 m
Tê saída de lado 10"	16,0 m	2	32,0 m
Tê passagem direta 10"	5,5 m	11	60,5 m
Válvula 10"	1,7 m	3	5,1 m
Comprimento equivalente Total			123,8 m
Comprimento da tubulação no trecho			870 m
Comprimento TOTAL			993,8 m

Fonte: Manual Técnico – Bombas KSB. [s.d.]

Foi multiplicada a perda de carga  $J_{B-C(a)} = 0,006249 \text{ mca/m}$ , pelo **Comprimento TOTAL** ( $993,8 \text{ m}$ ), chegamos a um valor de  $6,210 \text{ mca}$  ( $60,9 \text{ kPa}$ ), pressão perdida entre o trecho B-C sentido horário.

### Trecho C-D

Pressão requerida no ponto C é a  $P_{rB} = 771,7 \text{ kPa}$  somada com a pressão perdida entre os pontos B-C ( $60,9 \text{ kPa}$ ),  $P_{rC} = 832,6 \text{ kPa}$ .

$Q_{total} = 0,1292 \text{ m}^3/\text{s}$ , nesse ponto voltou-se a utilizar a vazão total requerida na rede.

$$d = 0,254 \text{ m}$$

$$C = 120$$

$$J_{C-D} = \frac{10,65 \cdot Q^{1,85}}{C^{1,85} \cdot d^{4,87}}$$

$$J_{C-D} = \frac{10,65 \cdot 0,1292^{1,85}}{120^{1,85} \cdot 0,254^{4,87}}$$

$$J_{C-D} = 0,0272 \text{ mca/m}$$

Eq. 08

Tabela 4 - Comprimento perda de carga trecho C-D

Informações trecho C-D			
	Comp. equivalente a perdas (m).	Quantidade	Comp. total (m).
Tê passagem direta 10"	5,5 m	1	5,5 m
Comprimento equivalente Total			5,5 m
Comprimento da tubulação no trecho			29 m
Comprimento TOTAL			34,5 m

Fonte: Manual Técnico – Bombas KSB. [s.d.]

Foi multiplicada a perda de carga  $J_{C-D} = 0,0272 \text{ mca/m}$  pelo **Comprimento TOTAL** (34,5), chegamos a um valor de  $0,940 \text{ mca}$  ( $9,2 \text{ kPa}$ ), pressão perdida entre o trecho C-D.



### Trecho D-E

Pressão requerida no ponto D é a  $P_{rC} = 832,6 \text{ kPa}$  somada com a pressão perdida entre o trecho C-D ( $9,2 \text{ kPa}$ ),  $P_{rD} = 841,8 \text{ kPa}$ .

$Q_{total} = 0,1292 \text{ m}^3/\text{s}$ , utiliza-se a vazão total requerida na rede.

$$d = 0,254 \text{ m}$$

$$C = 120$$

$$J_{D-E} = \frac{10,65 \cdot Q^{1,85}}{C^{1,85} \cdot d^{4,87}}$$

$$J_{D-E} = \frac{10,65 \cdot 0,1292^{1,85}}{120^{1,85} \cdot 0,254^{4,87}}$$

$$J_{D-E} = 0,0272 \text{ mca/m}$$

Eq. 09

Tabela 5 - Comprimento perda de carga trecho D-E

Informações trecho D-E casa de bombas			
	Comp. equivalente a perdas (m).	Quantidade	Comp. total (m).
Cotovelo 90° 10"	5,5 m	4	22,0 m
Tê passagem direta 10"	5,5 m	2	11,0 m
Válvula 10"	1,7 m	1	1,7 m
Comprimento equivalente Total			34,7 m
Comprimento da tubulação no trecho			30 m
Comprimento TOTAL			64,7 m

Fonte: Manual Técnico – Bombas KSB. [s.d.]

Foi multiplicada a perda de carga  $J_{D-E} = 0,0272 \text{ mca/m}$  pelo **Comprimento TOTAL** ( $64,7 \text{ m}$ ), chegamos a um valor de  $1,762 \text{ mca}$  ( $17,3 \text{ kPa}$ ), pressão perdida entre o trecho D-E.

A pressão requerida no E que é a mesma que deve ser considerada a bomba, é a  $P_{rD} = 841,8 \text{ kPa}$ , somada com a pressão perdida entre o trecho D-E ( $17,3 \text{ kPa}$ ),  $P_{rE} = 859,1 \text{ kPa}$ , que será a pressão necessária da bomba.

Tendo estas informações é possível verificar em catálogos de fornecedores aprovados pela seguradora a melhor moto bomba para atender o sistema.

### 4.2.3 Definição da moto bomba

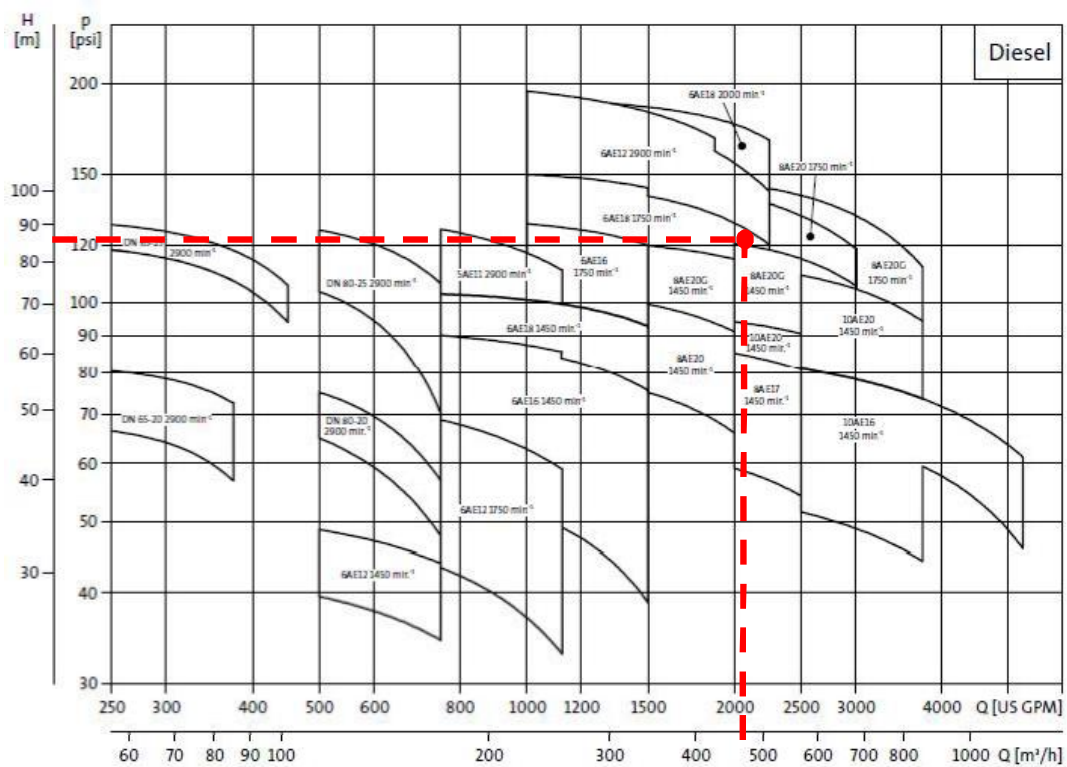
Para a escolha da moto bomba devemos considerar as seguintes informações:

Quadro 3 - Resultado dos cálculos

Vazão requerida	0,1292 m <sup>3</sup> /s	466 m <sup>3</sup> /h
Pressão calculada	859,1 kPa	87,6 m

Faixa de desempenho:

Figura 4 - Faixa de desempenho

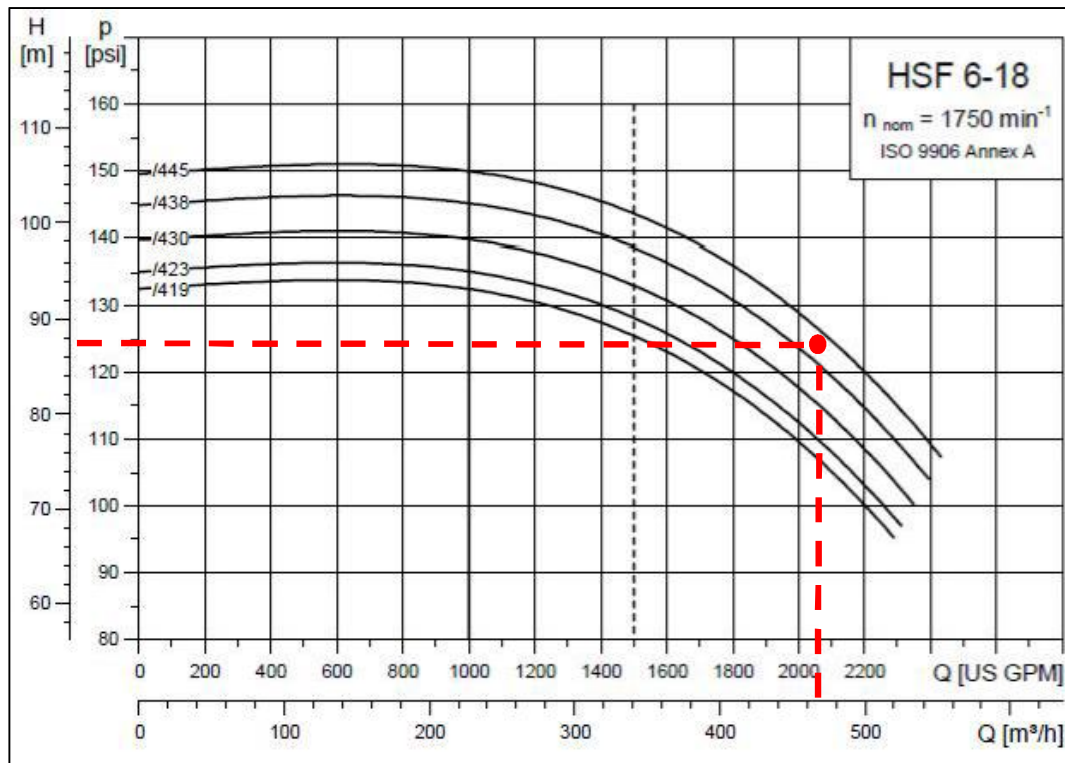


Fonte: Grundfos data booklet. [s.d.]

Curvas de desempenho:

Pressão:

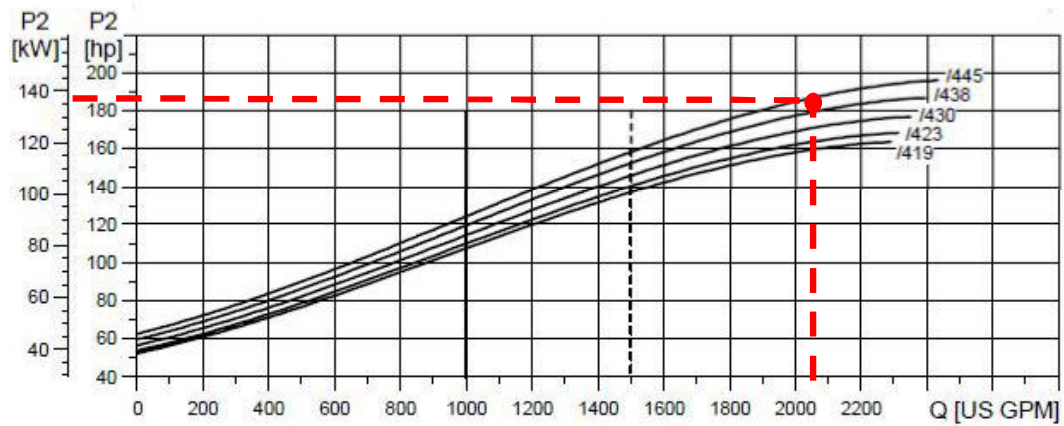
Figura 5 - Faixa de pressão



Fonte: Grundfos data booklet. [s.d.]

Potência:

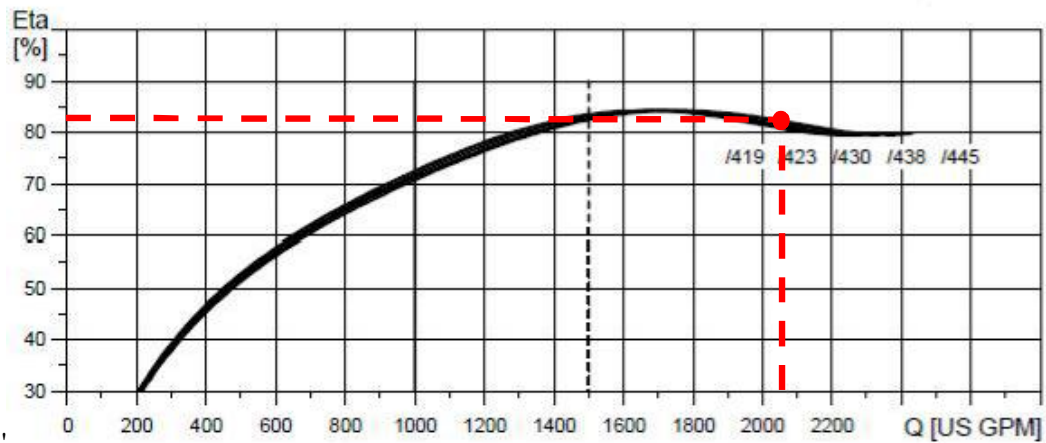
Figura 6 - Potência



Fonte: Grundfos data booklet. [s.d.]

Rendimento:

Figura 7 - Faixa de desempenho



Fonte: Grundfos data booklet. [s.d.]

Tipo de motor:

Figura 8 - Tipo de motor

Pressure range [psi]	Engine type	Rated power	
		[kW]	[hp]
129-135	JU6H-UF58	137	183
140	JU6H-UF68	149	200
145-150	JW6H-UF38	188	252

Fonte: Grundfos data booklet. [s.d.]

Conforme podemos observar nas figuras, devemos escolher uma moto bomba com  $Q = 466 \text{ m}^3/\text{h}$  e  $P = 859 \text{ kPa}$ , também foi possível verificar que a potência será em torno de 140 kW e o rendimento aproximado de 85%.

O catalogo também já indica os tipos de motores para atender a bomba, conforme figura 8.

## 5 CONCLUSÕES

O presente trabalho teve como objetivo dimensionar a rede principal de combate a incêndio e selecionar uma moto bomba adequada para atender o sistema de combate a incêndio de uma planta industrial que vem passando por um período de ampliações.

Através da aquisição de dados e definições internas da planta industrial, foi possível definir os requisitos necessários para o dimensionamento da rede de combate a incêndio, também foi necessário um estudo mais aprofundado nas normas pertinentes NBR's, NFPA's e também foi de grande importância as informações e recomendações da seguradora da companhia.

Após definido o leiaute da rede principal, foi possível dimensionar o diâmetro da rede principal, aonde se chegou a seleção de uma tubulação de diâmetro 10", e foi possível identificar que a velocidade do escoamento estaria abaixo da velocidade máxima recomendada pelas normas, posteriormente com os cálculos de perda de carga entre trechos chegou-se a uma pressão requerida.

Considera-se que, finalmente temos os requisitos para a seleção da moto bomba, à escolha da mesma foi feita através de catálogo de um fornecedor que é homologado pela seguradora da companhia, e para a escolha da mesma utilizou-se os valores requeridos de vazão, e pressão calculados no trabalho.

Portanto, conclui-se que a pesquisa cumpriu o seu principal objetivo, que foi o dimensionamento da rede principal de combate a incêndio e a escolha da moto bomba adequada para atender o sistema, dentro das recomendações e normas pertinentes ao assunto.

Os resultados desse trabalho foram positivos, pois se utilizou vários conceitos estudados durante a graduação para a execução do mesmo, também contribuiu para um conhecimento mais aprofundado da importância que se deve ter com as normas técnicas, pois foi possível identificar o quanto de informações importantes elas nos oferecem. E também proporcionou um conhecimento um pouco mais detalhado sobre sistemas de proteção e combate a incêndio.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 10.897: 2007: **Informação e documentação**: referências - elaboração. Rio de Janeiro, 2007.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 13.714:2010: **Informação e documentação**: referências - elaboração. Rio de Janeiro, 2010.

AZEVEDO NETTO, J. M., Et al. **Manual de Hidráulica**. Ed. Edgard Blucher Ltda. 8. ed. São Paulo, 1998.

BOMBAS: **guia básico / Eletrobrás** [et al.]. Brasília: IEL/NC, 2009.

BRENTANO, Telmo. **Instalações hidráulicas de combate a incêndio nas edificações**. 4. ed. Porto Alegre, 2011.

FERRAZ, Fábio. **Manual de Hidráulica Básica**. Ed. IF Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia. Campus Santo Amaro. Bahia, 2011.

GOMES, H. P.. **Engenharia de Irrigação**: hidráulica dos sistemas pressurizados, aspersão e gotejamento. Editora Universitária da UFPB, 3. ed., 412 p. Universidade Federal da Paraíba, Campina Grande, 1999.

HENN, Erico Lopes. **Máquinas de fluido**. Santa Maria, 2006.

LEAL, A. F.. **Estudo Comparativo de Métodos de Otimização de Redes Malhadas Pressurizadas**. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal da Paraíba, Campina Grande, 1995.

MACINTYRE, Archibald Joseph. **Bombas e Instalações de Bombeamento**. 2 ed. Rio de Janeiro: LTC, 2012.

NATIONAL FIRE PROTECTION ASSOCIATION. NFPA 13: Standard for the installation of sprinkler systems. **Prepared by**: CODE CONSULTANTS, INC. 1804 Borman Circle Drive Saint Louis, MO 63146, 2010.

NATIONAL FIRE PROTECTION ASSOCIATION. NFPA 14: Standard for the installation of standpipe and hose systems. **Prepared by**: CODE CONSULTANTS, INC. 1804 Borman Circle Drive Saint Louis, MO 63146, 2013.

NATIONAL FIRE PROTECTION ASSOCIATION. NFPA 20: Standard for the installation of stationary pumps for fire protection. **Prepared by**: CODE CONSULTANTS, INC. 1804 Borman Circle Drive Saint Louis, MO 63146, 2010.

PIMENTA, C.F. **Curso de Hidráulica Geral**. 4.ed. Rio de Janeiro: Editora Guanabara Dois, 1981.

## ANEXO A – Tabela comprimento equivalente

Comprimentos equivalentes a perdas localizadas. (Expressos em metros de canalização retilíneas)\*

DIÂMETRO D mm pol	COTOVELO 90° RAIO LONGO	COTOVELO 90° RAIO MÉDIO	COTOVELO 90° RAIO CURTO	COTOVELO 45°	CURVA 90° R/D = 1/4	CURVA 90° R/D = 1/2	CURVA 45° R/D = 1	ENTRADA NORMAL	ENTRADA DE BORDA	REGISTRO DE GAIVETA ABERTO	REGISTRO DE GLOBO ABERTO	REGISTRO DE ÂNGULO ABERTO	TE PASSAGEM DIRETA	TE SAÍDA DE LADO	TE SAÍDA BILATERAL	VALVULA DE PÉ E CRIVO	SAÍDA DA CANALIZ	VALVULA DE RETENÇÃO TIPO LEVE	VALVULA DE RETENÇÃO TIPO PESADO
13	1/2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,4	0,1	4,9	2,6	0,3	1,0	1,0	1,0	3,6	0,4	1,1	1,6
19	3/4	0,4	0,6	0,7	0,3	0,4	0,2	0,5	0,1	6,7	3,6	0,4	1,4	1,4	1,4	5,6	0,5	1,6	2,4
25	1	0,5	0,7	0,8	0,4	0,3	0,5	0,7	0,2	8,2	4,6	0,5	1,7	1,7	1,7	7,3	0,7	2,1	3,2
32	1 1/4	0,7	0,9	1,1	0,5	0,4	0,6	0,3	0,4	0,9	0,2	11,3	2,3	2,3	10,0	10,0	0,9	2,7	4,0
38	1 1/2	0,9	1,1	1,3	0,6	0,5	0,7	0,3	0,3	13,4	6,7	0,9	2,8	2,8	11,6	11,6	1,0	3,2	4,8
50	2	1,1	1,4	1,7	0,8	0,6	0,9	0,4	0,7	15,4	8,5	1,1	3,5	3,5	14,0	14,0	1,5	4,2	6,4
63	2 1/2	1,3	1,7	2,0	0,9	0,8	1,0	0,5	0,9	1,9	0,4	21,0	4,3	4,3	17,0	17,0	1,9	5,2	8,1
75	3	1,6	2,1	2,5	1,2	1,0	1,3	0,6	1,1	2,2	0,5	26,0	5,2	5,2	20,0	20,0	2,2	6,3	9,7
100	4	2,1	2,8	3,4	1,5	1,3	1,6	0,7	1,6	3,2	0,7	34,0	6,7	6,7	23,0	23,0	3,2	6,4	12,9
125	5	2,7	3,7	4,2	1,9	1,6	2,1	0,9	2,0	4,0	0,9	43,0	8,4	8,4	30,0	30,0	4,0	10,4	16,1
150	6	3,4	4,3	4,9	2,3	1,9	2,5	1,1	2,5	5,0	1,1	51,0	10,0	10,0	39,0	39,0	5,0	12,5	19,3
200	8	4,3	5,5	6,4	3,0	2,4	3,3	1,5	3,5	6,0	1,4	67,0	13,0	13,0	52,0	52,0	6,0	16,0	25,0
250	10	5,5	6,7	7,9	3,8	3,0	4,1	1,8	4,5	7,5	1,7	85,0	16,0	16,0	65,0	65,0	7,5	20,0	32,0
300	12	6,1	7,9	9,5	4,6	3,6	4,8	2,2	5,5	9,0	2,1	102,0	19,0	19,0	78,0	78,0	9,0	24,0	38,0
350	14	7,3	9,5	10,5	5,3	4,4	5,4	2,5	6,2	11,0	2,4	120,0	22,0	22,0	90,0	90,0	11,0	28,0	45,0

\*Os valores indicados para registros de globo aplicam-se também às torneiras, válvulas para chuveiros e válvulas de descarga



# ANEXO B - Planta industrial

