

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL  
ESCOLA DE ENGENHARIA  
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL**

**Edison Viana Roque**

**REDUÇÃO DE CUSTOS DE REDES DE SPRINKLERS:  
OTIMIZAÇÃO POR CÁLCULO HIDRÁULICO**

Porto Alegre  
dezembro 2015

**EDISON VIANA ROQUE**

**REDUÇÃO DE CUSTOS DE REDES DE *SPRINKLERS*:  
OTIMIZAÇÃO POR CÁLCULO HIDRÁULICO**

Trabalho de Diplomação apresentado ao Departamento de Engenharia Civil da Escola de Engenharia da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, como parte dos requisitos para obtenção do título de Engenheiro Civil

**Orientador: Juan Martin Bravo**

Porto Alegre  
dezembro 2015

## **EDISON VIANA ROQUE**

Este Trabalho de Diplomação foi julgado adequado como pré-requisito para a obtenção do título de ENGENHEIRO CIVIL e aprovada em sua forma final pelo Professor Orientador Dr. Juan Martín Bravo e pelo Departamento de Engenharia Civil da Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

Porto Alegre, 04 dezembro de 2015

Prof. Juan Martín Bravo  
Dr. pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul  
Orientador

### **BANCA EXAMINADORA**

**Profa. Ângela Gaio Graeff (DECIV - UFRGS)**  
Dra. pela Universidade de Sheffield

**Prof. Dieter Wartchow (IPH - UFRGS)**  
Dr. pela Universität Stuttgart

**Prof. Paulo Rógenes Monteiro Pontes (UNISINOS)**  
Me. pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul

Dedico este trabalho às pessoas, que assim como eu, são interessadas pelos estudos a respeito de rede de *sprinklers*.

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço ao Prof. Juan Martin Bravo, orientador, pelo auxílio na correção deste trabalho através das horas desprendidas na leitura e releitura das diversas versões entregues, pelas indicações de aporte teórico, pelas conversas enriquecedoras a respeito do tema.

Agradeço ao Prof. Inácio Benvegnu Morsch, pelo apoio nesta etapa final de conclusão de curso.

Agradeço a Prof.<sup>a</sup> Carin Maria Schmitt, pelo olhar atento durante a elaboração da proposta deste trabalho, contribuindo para adequação às normas vigentes e para coesão das frases, apontando possibilidades para aprimorar o texto.

Agradeço ao Prof. Telmo Brentano pelas palestras e pelo suporte teórico que permeiam este trabalho.

Agradeço, em especial, minha família, que é a motivação para todo meu empenho profissional e pessoal.

Quanto maior é a dificuldade, maior é a glória.  
*Marco Túlio Cicerón*

## RESUMO

ROQUE, E. **Redução de custos de redes de *sprinklers*: otimização por cálculo hidráulico.** 2015. Trabalho de Diplomação (Graduação em Engenharia Civil) – Departamento de Engenharia Civil, UFRGS, Porto Alegre.

Este trabalho trata da análise de custos de projetos de implantação de um sistema de *sprinklers* de tubo molhado em aço galvanizado de rede aberta através de cálculos por tabelas normatizadas e por cálculos hidráulicos. Foram analisados nove projetos com áreas distintas que demonstram a evolução dos custos frente ao tamanho da rede. Os cálculos estão baseados na Norma ABNT 10897 (ASSOCIAÇÃO DE NORMAS TÉCNICAS, 2014) onde estão definidas as orientações técnicas para dimensionamento por tabelas normatizadas e para cálculos hidráulicos. O dimensionamento nos dois métodos tem por ponto de partida o enquadramento da edificação na classe de ocupação de risco (definido neste trabalho como ocupação de risco ordinário–grupo II), que possibilita obter a área máxima de proteção promovida por unidade de chuveiro automático, bem como as distâncias máximas e mínimas entre chuveiros e sub-ramais e o número necessário de bicos para a proteção da área proposta através de um projeto de uma rede contra incêndios. O dimensionamento por tabelas, parte do número de chuveiros necessários por ramais e sub-ramais obtidos através de tabelas, enquanto o cálculo hidráulico inicia pela definição da área de risco do projeto (área de aplicação) e pela escolha do chuveiro automático mais desfavorável em termos de pressão, calculando as vazões e pressões em toda a área de aplicação, considerando as perdas de cargas contínuas e localizadas no projeto, bem como o acionamento simultâneo de todos os chuveiros automáticos nesta área. Após os projetos dimensionados foram obtidos os valores de cada rede através da orçamentação dos materiais tomando por base preços de mercado. Neste trabalho foi obtida uma redução de custos de aproximadamente 23,00% das redes projetadas por cálculo hidráulico em relação aos projetos por tabelas normatizadas em áreas acima de 205 m<sup>2</sup>, demonstrando a possibilidade de redução de custos em projetos de *sprinklers* por aplicação desta metodologia de dimensionamento.

Palavras-chave: sistema de chuveiros automáticos, método cálculo hidráulico, método cálculo por tabela, custos.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1– Fluxograma das etapas da pesquisa.....	22
Figura 2– Tetraedro do fogo.....	24
Figura 3– <i>Sprinkler</i> tipo <i>spray</i> .....	25
Figura 4 – <i>Sprinkler</i> com ampolas " <i>quartzoid</i> " .....	27
Figura 5– Chuveiros automáticos (1– para cima; 2– para baixo; 3–de parede).....	30
Figura 6– Sistema tipo anel fechado.....	35
Figura 7– Sistema tipo grelha.....	35
Figura 8– Sistema de bombas.....	38
Figura 9– Sistema de controle e alarme.....	39
Figura 10– Rede hidráulica de distribuição.....	40
Figura 11– Dimensionamento por tabelas (edificação 1).....	52
Figura 12– Dimensionamento por tabelas (edificação 2).....	53
Figura 13– Dimensionamento por tabelas (edificação 3).....	54
Figura 14– Dimensionamento por tabelas (edificação 4).....	55
Figura 15– Dimensionamento por tabelas (edificação 5).....	56
Figura 16– Dimensionamento por tabelas (edificação 6).....	57
Figura 17– Dimensionamento por tabelas (edificação 7).....	58
Figura 18– Dimensionamento por tabelas (edificação 8).....	59
Figura 19– Dimensionamento por tabelas (edificação 9).....	60
Figura 20– Curva de densidade e área.....	67
Figura 21– Fluxograma de dimensionamento hidráulico.....	68
Figura 22– Área de aplicação.....	71
Figura 23– Dimensionamento por cálculo hidráulico (edificação 1).....	79
Figura 24– Dimensionamento por cálculo hidráulico (edificação 2).....	80
Figura 25– Dimensionamento por cálculo hidráulico (edificação 3).....	81

Figura 26– Dimensionamento por cálculo hidráulico (edificação 4).....	82
Figura 27– Dimensionamento por cálculo hidráulico (edificação 5).....	83
Figura 28– Dimensionamento por cálculo hidráulico (edificação 6).....	84
Figura 29– Dimensionamento por cálculo hidráulico (edificação 7).....	85
Figura 30– Dimensionamento por cálculo hidráulico (edificação 8).....	86
Figura 31– Dimensionamento por cálculo hidráulico (edificação 9).....	87
Figura 32– Tendência de custos.....	107

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1– Elemento sensível tipo ampola de vidro.....	27
Tabela 2– Identificação das características de descargas dos chuveiros automáticos.....	31
Tabela 3– Ocupações de uso e condições similares – risco leve.....	42
Tabela 4– Ocupações de uso e condições similares – risco ordinário grupo I.....	43
Tabela 5– Ocupações de uso e condições similares – risco ordinário grupo II.....	44
Tabela 6– Ocupações de uso e condições similares – risco extra ou extraordinário grupo I.....	45
Tabela 7– Ocupações de uso e condições similares – risco extra ou extraordinário grupo II.....	46
Tabela 8–Área máxima e mínima de cobertura de <i>sprinklers</i> .....	47
Tabela 9– Área coberta máxima por chuveiros automáticos e distancia máxima entre chuveiros automáticos tipo <i>spray</i> de cobertura padrão (pendente ou em pé)	47
Tabela 10– Área das edificações.....	48
Tabela 11– Demanda de água para sistemas calculados por tabela.....	50
Tabela 12– Número de chuveiros automáticos acima e abaixo de um teto ou forro (risco ordinário).....	51
Tabela 13– Coeficiente de rugosidade (C) para fórmula de Hazen-Williams para os diferentes materiais.....	62
Tabela 14– Valores C de Hazen-Williams.....	63
Tabela 15–Valores de perda de carga.....	64
Tabela 16– Planilha de cálculo hidráulico – 1ª parte.....	77
Tabela 17– Planilha de cálculo hidráulico – 2ª parte).....	78
Tabela 18– Custo do projeto por cálculo de tabelas (edificação 1).....	89
Tabela 19– Custo do projeto por cálculo hidráulico (edificação 1).....	90
Tabela 20– Custo do projeto por cálculo de tabelas (edificação 2).....	91
Tabela 21– Custo do projeto por cálculo hidráulico (edificação 2).....	92
Tabela 22– Custo do projeto por cálculo de tabelas (edificação 3).....	93
Tabela 23– Custo do projeto por cálculo hidráulico (edificação 3).....	94
Tabela 24– Custo do projeto por cálculo de tabelas (edificação 4).....	95

Tabela 25– Custo do projeto por cálculo hidráulico (edificação 4).....	96
Tabela 26– Custo do projeto por cálculo de tabelas (edificação 5).....	97
Tabela 27– Custo do projeto por cálculo hidráulico (edificação 5).....	98
Tabela 28– Custo do projeto por cálculo de tabelas (edificação 6).....	99
Tabela 29– Custo do projeto por cálculo hidráulico (edificação 6).....	100
Tabela 30– Custo do projeto por cálculo de tabelas (edificação 7).....	101
Tabela 31– Custo do projeto por cálculo hidráulico (edificação 7).....	102
Tabela 32– Custo do projeto por cálculo de tabelas (edificação 8).....	103
Tabela 33– Custo do projeto por cálculo hidráulico (edificação 8).....	104
Tabela 34– Custo do projeto por cálculo de tabelas (edificação 9).....	105
Tabela 35– Custo do projeto por cálculo hidráulico (edificação 9).....	106
Tabela 36– Resumo de custos.....	106

## LISTA DE SIGLAS

NBR – Norma Brasileira aprovada pela Associação Brasileira de Normas Técnicas

Pt – Pressão total (kPa)

Pn – Pressão normal (kPa)

Pv – Pressão de velocidade (kPa)

Da – Densidade de água (mm/min) ou (l/min.m<sup>2</sup>)

DN – Diâmetro nominal

Nch – Número de chuveiros automáticos na área de aplicação

Aa – Área de aplicação (m<sup>2</sup>)

Ac – Área de cobertura de cada chuveiro automático (m<sup>2</sup>)

Lm – Lado maior da área de aplicação (m)

Lc – perda de carga contínua (m)

Le – perda de carga localizada (m)

NLm – Número de chuveiros no lado maior

Acr – Área de cobertura real de cada chuveiro automático (m<sup>2</sup>)

CPVC – Cloreto de Polivinila Clorado (apresenta maior resistência do que o PVC, devido adição de cloro em sua composição)

## LISTA DE SÍMBOLOS

°C – grau Celsius (unidade de temperatura)

K – fator K (relacionado ao diâmetro nominal e a pressão exigida nos sprinklers)

P – pressão (kPa)

kPa – kilo pascal (unidade de pressão)

bar – unidade de pressão equivalente a 100 kPa

Q – vazão (l/min) ou (m<sup>3</sup>/s)

mca – metro de coluna d'água

hp – perda de carga unitária por atrito (mca/m)

C – coeficiente de rugosidade do fator de Hazen-Williams (adimensional)

D – diâmetro interno do tubo (m) ou (mm)

e – espaçamento entre os chuveiros (m)

X – número de horas de funcionamento da bomba /24horas

v – velocidade do escoamento (m/s)

A – área (m<sup>2</sup>)

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO</b> .....	17
<b>2 DIRETRIZES DA PESQUISA</b> .....	19
2.1 QUESTÃO DA PESQUISA.....	19
2.2 OBJETIVOS DA PESQUISA.....	19
<b>2.2.1 Objetivo principal</b> .....	19
<b>2.2.2 Objetivo secundário</b> .....	19
2.3 PRESSUPOSTO.....	20
2.4 DELIMITAÇÕES.....	20
2.5 LIMITAÇÕES.....	20
2.6 DELINEAMENTO.....	21
<b>3 <i>SPRINKLER</i> OU CHUVEIRO AUTOMÁTICO</b> .....	23
3.1 PRINCÍPIO DA TECNOLOGIA DE <i>SPRINKLERS</i> .....	23
<b>3.1.1 Mecanismos de extinção de incêndio</b> .....	23
<b>3.1.2 Água como agente extintor</b> .....	24
3.2 COMPONENTES DE UM <i>SPRINKLER</i> .....	25
<b>3.2.1 Corpo</b> .....	26
<b>3.2.2 Obturador</b> .....	26
<b>3.2.3 Elemento termo sensível</b> .....	26
<b>3.2.4 Defletor ou difusor</b> .....	27
3.3 TIPOS DE <i>SPRINKLERS</i> OU CHUVEIROS AUTOMÁTICOS.....	28
3.4 CLASSIFICAÇÃO QUANTO A POSIÇÃO DE INSTALAÇÃO.....	29
3.5 FATOR K DE DESCARGA DE CHUVEIROS AUTOMÁTICOS.....	30
<b>4 SISTEMAS DE <i>SPRIKERS</i></b> .....	32
4.1 TIPOS DE SISTEMAS.....	32
<b>4.1.1 Sistema de ação prévia</b> .....	32

<b>4.1.2 Sistema com as "tubulações molhadas" (<i>wet- pipe- systems</i>)</b> .....	33
<b>4.1.3 Sistema de dilúvio ou "inundação" (<i>deluge- system</i>)</b> .....	33
<b>4.1.4 Sistema com as "tubulações secas" (<i>dry- pipe system</i>)</b> .....	34
<b>4.1.5 Sistema anel fechado</b> .....	34
<b>4.1.6 Sistema tipo grelha</b> .....	35
<b>4.2 ELEMENTOS DE UM SISTEMA DE <i>SPRINKLERS</i></b> .....	36
<b>4.2.1 Abastecimento de água</b> .....	36
<b>4.2.2 Sistema de bombas</b> .....	37
<b>4.2.3 Sistema de controle de alarmes</b> .....	38
<b>4.2.4 Rede hidráulica de distribuição</b> .....	39
<b>4.3 CLASSIFICAÇÃO DE OCUPAÇÃO DAS EDIFICAÇÕES</b> .....	41
<b>4.3.1 Ocupações de risco leve</b> .....	41
<b>4.3.2 Ocupações de risco ordinário</b> .....	42
4.3.2.1 Ocupações de risco ordinário – grupo I.....	42
4.3.2.2 Ocupações de risco ordinário – grupo II.....	43
<b>4.3.3 Ocupações de risco extra ou extraordinário</b> .....	44
4.3.3.1 Ocupações de risco extra ou extraordinário – grupo I.....	44
4.3.3.2 Ocupações de risco extra ou extraordinário – grupo II.....	45
<b>4.3.4 Ocupações de risco especial</b> .....	46
<b>4.4 ÁREA DE COBERTURA E DISTÂNCIA MÁXIMA ENTRE <i>SPRINKLERS</i></b> .....	46
<b>5 EDIFICAÇÕES PROPOSTAS</b> .....	48
<b>6 SISTEMA PROJETADO POR TABELAS NORMALIZADAS</b> .....	49
6.1 LIMITAÇÕES PARA DIMENSIONAMENTO POR TABELAS.....	49
6.2 DEMANDA DE ÁGUA.....	49
6.3 DIMENSIONAMENTO POR TABELAS NORMALIZADAS.....	50
6.4 PROJETOS DAS EDIFICAÇÕES POR CÁLCULO DE TABELAS.....	51
<b>7 SISTEMA PROJETADO POR CÁLCULO HIDRÁULICO</b> .....	61

7.1 PERDA DE CARGA.....	61
7.2 CARGA DE VELOCIDADE E PRESSÃO DE ESCOAMENTO.....	65
7.3 DENSIDADE DE ÁGUA (Da).....	67
7.4 DIMENSIONAMENTO POR CÁLCULO HIDRÁULICO.....	68
7.4.1 Escolha da área de aplicação (Aa).....	69
7.4.2 Número de sprinklers na área de aplicação (Nch).....	70
7.4.3 Dimensionamento da área de aplicação.....	71
7.4.4 Vazão e pressão no chuveiro mais desfavorável (nº1) .....	73
7.4.5 Dimensionamento do trecho 2-1.....	74
7.4.6 Vazão e pressão no chuveiro (nº2) .....	75
7.4.7 Vazão e pressão no chuveiro (nº3) e (nº4) .....	75
7.4.8 Vazão e pressão nos chuveiros fictícios.....	76
8 PROJETOS DE EDIFICAÇÕES POR CÁLCULO HIDRÁULICO.....	79
9 ANÁLISE DE CUSTOS ENTRE TABELA E CÁLCULO HIDRÁULICO.....	88
10 CONCLUSÕES.....	108
REFERÊNCIAS.....	109
ANEXO A.....	111
ANEXO B.....	116

## 1 INTRODUÇÃO

Caminhando junto ao desenvolvimento da civilização, os sinistros com fogo, ou seja, os incêndios podem ser datados na história desde a Antiguidade. Casos famosos como a destruição de Roma em 64 d.C (SUETONIO,1966), o incêndio em Londres em 1666, consumindo 85% da cidade, ceifaram muitas vidas, bem como, acarretaram prejuízos materiais incalculáveis. Fatos similares a estes ocorrem até hoje, justificando o empenho nos estudos em prevenção de combate a incêndio que crescem exponencialmente.

Segundo Macintyre (2010, p.241):

O valor de uma vida humana justifica por si as despesas, mesmo elevadas, que se façam, visando a resguardá-la das consequências da irrupção de um incêndio, as quais vão desde o pânico, asfixia por fumaça e queimaduras, numa escalada que pode terminar com a carbonização do corpo.

Assim, um dos elementos de primeiro combate a focos de incêndio, empregado hoje, são as redes de *sprinklers*, que tem por finalidade primária extingui-lo ou controlá-lo em sua fase inicial até a chegada do Corpo de Bombeiros. Creder (2006, p.141) define rede de *sprinklers* como:

[...] um sistema hidráulico semelhante a uma instalação predial, isto é, constituído de reservatório, colunas, ramais e sub-ramais, em cuja extremidade existe, como obturador do líquido, uma ampola contendo gás ou líquido altamente expansível e sensível ao calor; também poderá ser elemento fusível. Uma vez iniciado o incêndio, a elevação da temperatura faz romper a ampola e, em consequência inicia-se com rapidez o espargimento de água, como se fosse um chuveiro e, ao mesmo tempo, soa um dispositivo de alarme.

Segundo a *British Automatic Fire Sprinkler Association* (2014), a implementação do uso de *sprinklers* promove o controle de 99% dos incêndios e que 60% dos focos são controlados por menos de quatro bicos de *sprinklers*. Além disso, um dos pontos mais positivos desta tecnologia é que esta promove o combate de incêndio a focos iniciais que passam despercebidos sem a ação humana.

Entende-se a utilização de redes de *sprinklers* nas edificações como método eficaz na proteção contra incêndios. Além disso, a sua implantação não é apenas uma questão de custos extras a edificação, mas uma questão de responsabilidade social.

De acordo com professor e Engenheiro Civil Telmo Brentano, é necessário uma mudança de cultura da sociedade, pois (SANTUCCI, 2014, p.22):

Nunca teremos uma legislação que impeça totalmente a ocorrência de uma tragédia se a população continuar a acreditar, por exemplo, que os incêndios são muito raros e só acontecem nos prédios dos outros, jogando com as leis das probabilidades. [...] As ocorrências de incêndios serão sempre bem menores quando atendemos às legislações vigentes, mesmo que estas tenham falhas. [...] A legislação existe e o próprio ocupante da edificação deveria exigir que ela fosse cumprida, independentemente da fiscalização, que deveria ser constante e rigorosa por todos os órgãos responsáveis, para evitar que essas tragédias continuem.

Atualmente, Prevenção de Combate a Incêndio tem sido um assunto amplamente discutido pelos canais midiáticos em âmbito mundial e foco de regulamentações do município de Porto Alegre e do Estado do Rio Grande do Sul desde o desastre na Boate Kiss na cidade de Santa Maria/RS em janeiro de 2013 (ZANELLA; FERREIRA, 2014). A Lei 14.376/2013, conhecida como Lei Kiss, em vigor desde dezembro de 2013, complementada pela lei 14690/2015, que estabelece normas de segurança, prevenção e proteção contra incêndios no Rio Grande do Sul. A lei trata dos prazos de adequação das edificações existentes e áreas de risco de incêndio, descreve as penalidades e infrações aplicáveis ao descumprimento das novas diretrizes e regulamenta as questões administrativas relativas à legislação.

Neste contexto, o trabalho tem o objetivo de demonstrar a possibilidade de implantação de redes de *sprinklers* fornecendo uma opção de minimização de custos de execução da mesma, através da elaboração de projetos por cálculo de pressões hidráulicas ao invés do cálculo por tabelas existentes nas normas brasileiras, contribuindo para que o percentual de gastos seja minimizado.

## 2 DIRETRIZES DA PESQUISA

As diretrizes para desenvolvimento do trabalho são descritas nos próximos itens.

### 2.1 QUESTÃO DE PESQUISA

A questão de pesquisa do trabalho é: qual a economia que se obtém pela aplicação do método por cálculo hidráulico para que se obtenha uma minimização de custos na execução de uma rede de *sprinklers* em relação à aplicação do método de cálculo por tabelas normatizadas?

### 2.2 OBJETIVOS DA PESQUISA

Os objetivos da pesquisa estão classificados em principal e secundário e são descritos a seguir.

#### 2.2.1 Objetivo principal

O objetivo principal do trabalho é: a determinação da economia gerada na execução de um projeto de rede de *sprinklers* quando se dimensiona o mesmo através de cálculo hidráulico ao invés do cálculo por tabelas normatizadas.

#### 2.2.2 Objetivo secundário

O objetivo secundário do trabalho é: estimar os custos do sistema quando dimensionado pelo cálculo hidráulico e pelo método de tabelas apresentando gráficos de instalações de *sprinklers* de diversas áreas projetadas.

## 2.3 PRESSUPOSTO

O trabalho tem como pressuposto a validade da aplicação da NBR 10897 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2014) como norma padrão deste trabalho.

## 2.4 DELIMITAÇÕES

O trabalho delimita-se ao projeto de rede de *sprinklers* de sistema aberto.

## 2.5 LIMITAÇÕES

São limitações do trabalho:

- a) as áreas consideradas para os cálculos deste trabalho são de 144m<sup>2</sup> a 672m<sup>2</sup>;
- b) a rede considerada para cálculo tem sua distribuição em um pavimento sem compartimentação (tipo área de vendas de lojas de departamentos), conforme área proposta;
- c) o pé direito da edificação proposta é de 3,5 m e não há entre forro, sendo a rede fixada diretamente na laje, dispensando assim a utilização de *sprinklers up right*;
- d) os custos de materiais necessários para a montagem da rede foram estimados através de tabelas fornecidas pela empresa Madri Comércio de Ferro e Aço Ltda;
- e) foi utilizado o sistema aberto de tubo molhado considerando canalizações e conexões de aço galvanizado e o fluido a água;
- f) as redes, para fins de cálculo, não sofreram interferência de vigas ou pilares, pois não foi avaliada a parte estrutural das edificações;
- g) o *sprinkler* ou chuveiro automático é do tipo *spray* de ½ polegada;
- h) a classificação adotada para as edificações propostas foi a ocupação de RISCO ORDINÁRIO GRUPO II;

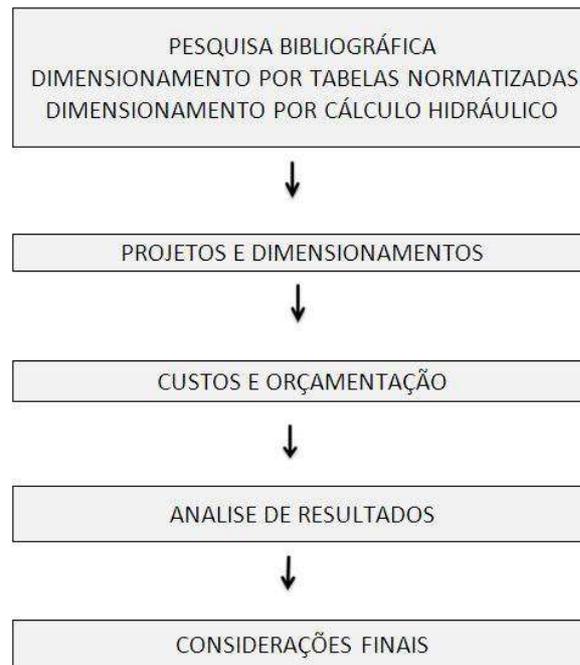
- i) os custos apresentados se referem apenas a rede composta de ramais e subramais.

## 2.6 DELINEAMENTO

O trabalho foi realizado através das etapas apresentadas a seguir:

- a) pesquisa bibliográfica: avaliação dos métodos de dimensionamento escolhidos, bem como a distribuição de chuveiros de ramais e sub-ramais, tanto por tabelas como por cálculo hidráulico através de bibliografia especializada;
- b) definição dos projetos de rede de *sprinklers* e dimensionamento: foram definidos os projetos (desenhos de redes em escala) considerando as limitações efetuadas e dimensionando cada sistema, e definindo o caminhamento das canalizações e seus diâmetros;
- c) levantamento de materiais, custos e orçamentação foram feitos através da execução de listagem quantificada de materiais conforme o projeto analisado;
- d) análise comparativa de resultado entre os dois sistemas: comparação de custos de materiais entre os dois métodos e apresentação gráfica de resultados;
- e) considerações finais: com o resultado obtido através da análise comparativa dos dois métodos utilizados.

Figura 1– Fluxograma das etapas da pesquisa



(fonte: elaborado pelo autor)

### 3 *SPRINKLER* OU CHUVEIRO AUTOMÁTICO

O chuveiro automático ou *sprinkler* é definido como um dispositivo aspersor que tem como fluido a água. É entendido, de acordo com a NBR 10897 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2014, p.6), como: [...] um dispositivo para extinção ou controle de incêndios que funciona automaticamente quando seu elemento termo-sensível é aquecido à sua temperatura de operação ou acima dela, permitindo que a água seja descarregada sobre uma área específica.

Convém ressaltar que existem *sprinklers* especiais para gases como CO<sub>2</sub>, *halon* e *freon* 1301, empregados quando a substância ou material cujo incêndio deva ser debelado desaconselham o uso de água, como no caso de museus, laboratórios e outros dos quais o contato da água possa oferecer risco devido à formação de reações químicas indesejadas como de material estocado ou causar danos ao material a ser protegido, no caso de obras de arte expostas.

#### 3.1 PRINCÍPIO DA TECNOLOGIA DE *SPRINKLERS*

A tecnologia do uso de *sprinklers* ou chuveiros automáticos é aplicada no controle ou extinção de focos de incêndios de baixa intensidade através da aplicação de água sob forma de gotículas pulverizadas sobre as chamas e sobre a matéria em combustão geradora do incêndio.

##### 3.1.1 Mecanismos de extinção de incêndios

Para o início e desenvolvimento de uma combustão são necessários quatro fatores que vem a compor o conceito básico de tetraedro do fogo, conforme figura 2.

Figura 2–Tetraedro do fogo



(fonte: RIBEIRO, 2015)

O efeito de extinção dar-se-á pela eliminação ou redução de um ou mais dos componentes deste tetraedro através de quatro mecanismos de extinção:

- arrefecimento pela redução da energia de ativação, diminuindo a temperatura do combustível e envolvente;
- carência ou diluição pela redução ou eliminação do combustível;
- asfixia ou abafamento pela redução ou eliminação do comburente;
- inibição ou catálise negativa pela interrupção da reação em cadeia.

De acordo com Silva (2012, p 13) o principal efeito ocasionado na extinção de um incêndio a partir da aplicação da água é o efeito de arrefecimento.

Na maioria dos casos o principal efeito de aplicação da água na extinção de um incêndio é o arrefecimento. Este efeito é tanto mais importante, quanto maior for a superfície exposta da água face ao seu volume, isto é, quanto mais finamente pulverizada estiver. Porém a aplicação da água pulverizada só é eficaz quando o incêndio se desenvolve com uma intensidade suficientemente baixa que possibilite a incidência direta das partículas de água sobre a matéria a arder.

### 3.1.2 Água como agente extintor

Existem outros agentes extintores para utilização no controle de incêndios além da água. Porém, a água pela sua facilidade de transporte, armazenamento, aplicação, grande disponibilidade e baixo custo se torna o agente extintor mais usado.

A água tem propriedades físicas que favorecem sua utilização na extinção de incêndios que são essencialmente:

- a) líquido estável à temperatura ambiente;
- b) agente de alta capacidade calorífica e alto calor latente de vaporização que pode absorver uma significativa quantidade de calor. Cada grama de água absorve 540 calorias ao elevar a sua temperatura de 100°C do estado líquido ao estado de vapor;

### 3.2 COMPONENTES DE UM *SPRINKLER*

O *sprinkler* ou chuveiro automático é composto de um corpo (metálico), um obturador, um elemento termo sensível (também nomeado de sensor térmico) e um difusor (também nomeado de defletor metálico), conforme figura 3, que quando acionados promovem a aspersão de um fluido com alta potência sobre uma determinada área promovendo o controle ou extinção do foco de incêndio até a chegada da brigada de incêndio ou do corpo de bombeiros. Elementos estes que serão explicados a seguir.

Figura 3–*Sprinkler* tipo *spray*



(fonte: NAKAMURA, 2014)

### 3.2.1 Corpo

É a estrutura formada pela rosca metálica para fixação na tubulação, braços e orifícios de descarga, e serve como suporte dos demais componentes.

### 3.2.2 Obturador

Constitui de um pequeno disco metálico destinado à vedação do orifício de descarga nos chuveiros automáticos que também atua como base para o elemento termo-sensível tipo bulbo de vidro.

Macintyre (2010, p.269) afirma que o obturador pode ser considerado como elemento único conforme segue abaixo:

O *sprinkler* contém um obturador ou sensor térmico que impede a saída da água em situações normais. Esse obturador pode ser constituído de uma ampola de *quartzóid*, contendo um líquido apropriado que, sob a ação do calor ao irromper o incêndio, se expande graças ao seu elevado coeficiente de expansão, rompendo a ampola e permitindo a aspersão da água sobre o local [...].

### 3.2.3 Elemento termo sensível

É o elemento que por efeito da elevação da temperatura se rompe, liberando o obturador que permite a saída de água do sistema projetando a mesma sobre o foco de incêndio. Este pode ser uma peça fusível de liga metálica eutética de ponto de fusão muito baixo ou uma ampola de vidro (*quartzoid*) de acordo com a figura 4. O elemento sensível mais usado é a ampola de vidro.

A NBR 16400 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2015, p. 2) regulamenta o elemento sensível tipo ampola de vidro para chuveiros automáticos com a coloração de acordo com a tabela 1.

Tabela 1–Elemento sensível tipo ampola de vidro

Temperatura nominal (°C)	Coloração do Líquido
57	Laranja
68	Vermelha
79	Amarela
93	Verde
141	Azul
182	Roxa
183 a 260	Preta

(fonte: ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2015)

Figura 4–*Sprinkler* com ampolas *quartzoid*

(fonte:IKLIM Ltd, 2015)

### 3.2.4 Defletor ou difusor

Componente do *sprinkler* destinado a quebrar o jato sólido de água, de modo a distribuir uniformemente a mesma sob o foco de incêndio.

Brentano (2007, p.508) nos informa sobre a forma de aspersão como segue:

O defletor é uma peça presa á estrutura do chuveiro automático sobre a qual incide com bastante força o jato sólido de água após removido o obturador, formando um cone de aspersão sobre toda a área de proteção do chuveiro automático. O jato sólido pode ser ascendente ou descendente para atingir o defletor e formar o cone de aspersão, de acordo com o tipo de chuveiro automático especificado pelo projeto.

### 3.3 TIPOS DE *SPRINKLERS* OU CHUVEIROS AUTOMATICOS

Segundo Brentano (2007, p.512-513), existem vários tipos de *sprinklers*, os principais são:

- a) **chuveiro automático “Padrão”(Spray Sprinkler):** O chuveiro automático padrão tem toda a descarga de água projetada para baixo, de forma esférica, abaixo do plano do defletor dirigido totalmente sobre o foco do incêndio com pouca ou nenhuma água lançada sobre o piso. É o chuveiro automático que tem a maior utilização, pois pode ser usado em todas as classes de risco, em todos os tipos de edificações e nos tipos de sistema de Canalizações Molhada e Seca e no de Pré –Ação;
- b) **chuveiro automático de “Cobertura Estendida”–(CE) (*Extended Coverage Sprinkler- EC*):** O chuveiro automático de Cobertura Estendida (CE), que é também chamado de Amplo Alcance (AA), tem a capacidade de proteção sobre uma área maior que os demais tipos devido ao formato especial de seu defletor. Comparando com os chuveiros do tipo padrão sua área de cobertura é mais de 70% maior. Os chuveiros de Cobertura Estendida(CE) são indicados para controlar ou extinguir incêndios de graus de risco específicos;
- c) **chuveiro automático de “Gotas Grandes” (GG) (*Large Drop Sprinkler -LD*):** O chuveiro automático de Gotas Grandes é capaz de produzir gotas grandes características, com uma grande densidade de aplicação de água. Possui defletor grande com largos espaços, entre os dentes, para facilitar a criação de grandes gotas de água, que tem a capacidade de penetrar mais profundamente e de forma rápida nas correntes ascendentes de calor geradas por fogos de grande intensidade, retardando a evaporação e fazendo com que uma grande quantidade de água atinja o material em chamas;
- d) **chuveiro automático de “Orifício Extragrande”(ELO) (*Extra Large Orifice- ELO*):** O Chuveiro automático de Orifício Extragrande é capaz de produzir uma grande densidade de aplicação de água sobre o fogo com a necessidade de pressões muito baixas. São indicados para controlar ou extinguir focos de incêndio de altos riscos específicos, como depósitos com empilhamentos altos, que exigem uma grande densidade de aplicação de água com baixa pressão, a partir de 50kPa (5mca), podendo com isso eliminar até a necessidade de bombas e seus acessórios, redução do diâmetro e o aumento dos espaçamentos entre os sub-ramais, diminuindo o custo total da instalação;

- e) **chuveiro automático de “Resposta Rápida”**: Os chuveiros automáticos de Resposta Rápida têm um tempo de resposta térmica extremamente rápida, podendo ser de cinco a seis vezes mais rápido que o chuveiro automático de resposta normal, porque o seu elemento termo sensível tem uma inércia térmica muito menor, permitindo uma ação imediata no início do desenvolvimento do fogo. Eles são fabricados em diversos tipos e modelos, com características próprias de cada fabricante. São utilizados em locais com a possibilidade de incêndios muito rápidos;
- f) **chuveiro automático de Resposta e Supressão Rápidas (ESFR) (*Early Suppression and Fast Response sprinkler-ESFR*)**: O chuveiro automático de Resposta Rápida possui um orifício extragrande que permite a aplicação de uma grande densidade de água na base do incêndio quando ainda se encontra na sua fase inicial.[...]. Podem ser usados em edificações com pé- direito até 14,0 m e empilhamento de até 12,0 m de altura, instalados em certos tipos de configurações de construção;
- g) **chuveiro automático “Residencial” (*Residencial Sprinkler*)**: São chuveiros automáticos de Resposta Rápida (RR) usados especificamente na proteção de incêndios em edificações tipicamente residenciais uni e bi familiares, que funcionam com baixa vazão e pressão, reduzindo o diâmetro das canalizações e a necessidade de grande reserva de água.

### 3.4 CLASSIFICAÇÃO QUANTO A POSIÇÃO DE INSTALAÇÃO

A posição de instalação dos chuveiros automáticos depende do formato de seu defletor e podem ser classificados como:

- a) *pendente* (*pendent* = para baixo): são *sprinklers* utilizados geralmente em instalações aparentes, onde as tubulações correm paralelas à laje ou à cobertura, não tendo forro técnico ("forro falso", local por onde há a passagem de rede elétrica, de ar condicionado, rede de *sprinklers*, rede telefônica, rede lógica, e que necessitem de proteção), conforme figura 5 (item 2);
- b) *em pé* (*upright* = para cima): são aqueles utilizados, dependendo da situação, em redes aparentes e também em locais onde ocorre forro técnico e que exista possibilidade de risco de incêndios, conforme figura 5 (item 1);
- c) *lateral* (*sidewall* = de parede): são os chuveiros que se instalam em paredes quando necessários, conforme figura 5 (item 3).

Figura 5–Chuveiros automáticos (1-para cima; 2-para baixo; 3-de parede)



(fonte : PEREIRA; ARAÚJO,2015)

Neste trabalho foi utilizado o chuveiro automático padrão tipo *spray pendent* devido à escolha metodológica de utilização do sistema aberto com canalizações de tubo molhado. De acordo com Mario (2007, p. 24) este é o sistema mais empregado, pois apresenta o menor custo de instalação e manutenção. Esta premissa vem ao encontro dos objetivos deste trabalho de redução nos custos de implantação do sistema de chuveiros automáticos.

### 3.5 FATOR K DE DESCARGAS PARA CHUVEIROS AUTOMÁTICOS

O fator K é um fator que define a capacidade de descarga de água de um chuveiro automático. Este fator de descarga representa uma constante de proporcionalidade entre a vazão e a pressão nos orifícios de saída dos chuveiros e varia conforme o diâmetro dos orifícios e também de fabricante. Pode ser calculado pela fórmula 1:

(fórmula 1).

$$Q = K\sqrt{P}$$

Sendo:

K = Fator K (l/min/bar<sup>1/2</sup>)

Q = vazão (l/min)

P = Pressão (kPa)

A NBR 10897 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2014, p. 11) regulamenta os valores do fator K conforme a tabela 2 abaixo:

Tabela 2–Identificação das características de descargas dos chuveiros automáticos

Fator nominal K		Diâmetro nominal da rosca
L/min/bar <sup>1/2</sup>	gpm/psi <sup>1/2</sup>	mm
20	1,4	DN 15
27	1,9	DN 15
40	2,8	DN 15
61	4,2	DN 15
80	5,6	DN 15
115	8,0	DN 15 ou DN 20
161	11,2	DN 15 ou DN 20
202	14,0	DN 20
242	16,8	DN 20
282	19,6	DN 25
323	22,4	DN 25
363	25,2	DN 25
403	28,0	DN 25

(fonte: ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2014)

## 4 SISTEMAS DE SPRINKLERS

Segundo Brentano (2007, p.507) um sistema de chuveiros automáticos pode ser definido como:

[...] um sistema hidráulico fixo de combate a incêndios constituídos de chuveiros automáticos (*sprinklers*) regularmente distribuídos por toda a edificação, ativados pelo calor do fogo, que descarregam água sobre a área de incêndio, com vazões, pressões e áreas de coberturas máxima determinadas por normas de acordo com o grau de risco, alimentados por uma rede de canalizações aéreas e subterrâneas com diâmetros compatíveis, a partir de um sistema de bombas de incêndio e de uma reserva de água exclusivas.

### 4.1 TIPOS DE SISTEMAS

Os sistemas de *sprinklers* podem ser classificados em seis categorias: sistema de ação prévia, sistemas de “tubulações molhadas”(*wet-pipe systems*), sistema de dilúvio ou “inundação”(*deluge system*), sistemas de “tubulações secas”(*dry-pipe systems*), sistema de anel fechado, sistema tipo grelha.

#### 4.1.1 Sistema de ação prévia

De acordo com a NBR 10897 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2014, p.5) um sistema de ação-prévia é definido como:

[...] sistema que utiliza chuveiros automáticos, fixados a uma tubulação que contém ar, que pode ou não estar sob pressão, conjugado a um sistema suplementar de detecção instalado na mesma área dos chuveiros automáticos.

Macintyre (2008, p.163) esclarece e especifica a utilização de um sistema de ação prévia ou de “pré-ação” como:

[...] o sistema que emprega *sprinklers* colocados em tubulações contendo ar (comprimido ou não) e um sistema suplementar de detectores mais sensíveis que o bulbo do *sprinkler*, os quais são colocados no mesmo local que os *sprinklers*. A pronta ação dos detectores ao início de um incêndio abre uma válvula que permite à água escoar pelo sistema tão logo se rompa o bulbo do *sprinkler*.

#### 4.1.2 Sistema com as “tubulações molhadas” (*wet-pipe systems*)

De acordo com a norma NBR 10897 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2014, p.6) um sistema de tubo molhado é definido como um:

[...] sistema de chuveiros automáticos fixados a uma tubulação que contém água e conectada a uma fonte de abastecimento, de maneira que a água seja descarregada imediatamente pelos chuveiros automáticos quando abertos pelo calor de um incêndio.

Macintyre (2008, p.162-163) esclarece e especifica a utilização de um sistema “*wet-pipe systems*” ou de “tubulações molhadas” como:

[...] as tubulações [que] permanecem sempre com água e ligadas a um reservatório, de modo que a atuação da água se faz prontamente pelo *sprinkler* localizado onde irrompeu o fogo. É o sistema mais usado [...].

#### 4.1.3 Sistema de dilúvio ou “inundação” (*deluge system*)

De acordo com a NBR 10897 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2014, p.5) um sistema de dilúvio é definido como um:

[...] sistema automático de chuveiros que utiliza chuveiros abertos acoplados a uma tubulação conectada a uma fonte de abastecimento de água por uma válvula de dilúvio. Esta válvula é aberta pela operação de um sistema de detecção instalado na mesma área dos chuveiros. Com a abertura da válvula ocorre entrada de água na tubulação, sendo descarregada por todos os chuveiros simultaneamente.

Macintyre (2008, p.163) esclarece e especifica a utilização de um sistema “*deluge system*” ou de “inundação”:

[...] nesse sistema, os *sprinklers* estão sempre abertos, isto é, sem ampola, e conectados a tubulações secas. Detectores de chama ou fumaça, uma vez acionados pelo agente específico, fazem operar uma válvula de inundação ou “dilúvio” (*deluge-valve*), que permite o escoamento da água até os *sprinklers*, os quais atuarão simultaneamente. A válvula deve também poder ser aberta e fechada manualmente. É preciso notar que somente em casos especiais deve-se usar este sistema, pelas consequências que advêm da “inundação” de uma área considerável.

#### 4.1.4 Sistema com as "tubulações secas" (*dry-pipe systems*)

De acordo com a norma NBR 10897 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2014, p.6) um sistema de tubulações secas é definido como um:

[...] sistema de chuveiros automáticos fixados a uma tubulação que contenha ar ou nitrogênio sob pressão. A partir da abertura de um chuveiro, a pressão de água abre uma válvula, conhecida como válvula para sistema seco, deixando a água entrar na tubulação para controle do incêndio, sendo descarregada pelos chuveiros abertos.

Macintyre (2008, p.163) define um sistema em tubulação seca também aquele utilizado em locais onde possa ocorrer o congelamento da água nas canalizações. É o sistema com “tubulações secas (*dry-pipe system*)”:

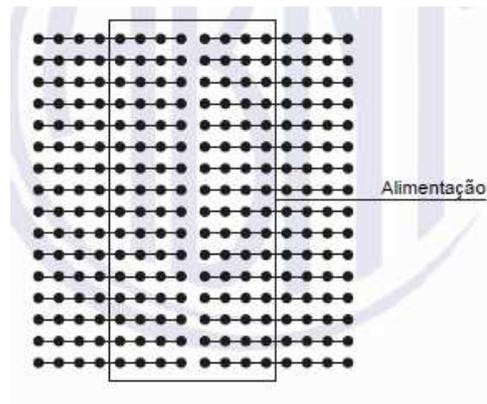
[...] as tubulações do sistema que contém os *sprinklers* possuem ar comprimido que, ao ser liberado pela ruptura de uma ampola, permite à água, também sob pressão, abrir uma válvula conhecida como “válvula de tubo seco”. A água escoar nas tubulações do sistema até o *sprinkler* acionado. Esse sistema é aplicado geralmente em locais de clima que possa determinar o congelamento da água nos encanamentos, principalmente em instalações exteriores.

#### 4.1.5 Sistema de anel fechado

De acordo com a norma NBR 10897 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2014, p.5) um sistema de anel fechado, figura 6, é definido como um:

[...] sistema de chuveiros automáticos na qual tubulações subterráneas múltiplas são conectadas de modo a permitir que a água siga mais do que uma rota de escoamento até chegar a um chuveiro em operação. Neste sistema, os ramais não são conectados entre si [...]

Figura 6 – Sistema tipo anel fechado



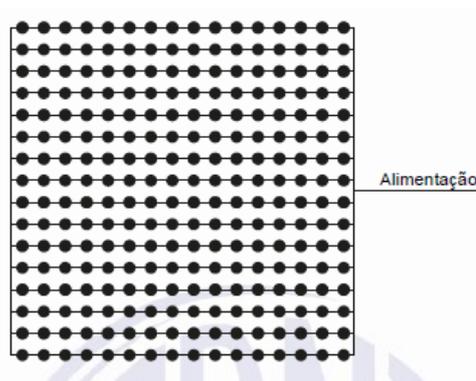
(fonte: ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2014)

#### 4.1.6 Sistema tipo grelha

De acordo com a norma NBR 10897 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2014, p.5) um sistema de grelha, figura 7, é definido como um:

[...] sistema de chuveiros automáticos no qual as tubulações subgerais são conectadas a ramais múltiplos. Um chuveiro em operação recebe água pelas duas extremidades do ramal, enquanto outros ramais auxiliam a transportar água entre as tubulações subgerais.

Figura 7– Sistema Tipo Grelha



(fonte: ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2014)

## 4.2 ELEMENTOS DE UM SISTEMA DE *SPRINKLERS*

Segundo Brentano (2007, p.516) o sistema de *sprinklers* é constituído como um sistema integrado compreendendo os seguintes elementos:

- a) **abastecimento de água:** [...] o sistema de chuveiros automáticos requer grande reserva de água, obtida de fontes de abastecimento confiáveis, cujo volume mínimo necessário deve ser constante e estar permanentemente á disposição. O abastecimento de água inclui o hidrante de recalque que vai ser usado pelo Corpo de Bombeiros quando terminar a água do sistema interno de abastecimento.
- b) **sistema de bombas:** [...] o sistema de bombas é necessário quando no sistema de chuveiros automáticos não pode ser abastecido por gravidade, por não atender as condições mínimas de pressão e vazão requeridas por norma. Geralmente o sistema de chuveiros automáticos possui reservatório térreo devido ao grande volume de água necessário, tendo conseqüentemente, um sistema de bombas. A alimentação pode ser por gravidade quando houver um favorecimento topográfico que o justifique ou tiver um castelo de água com altura suficiente
- c) **sistema de controle de alarme:** [...] é o sistema que controla o escoamento de água para a rede de distribuição através de válvulas especiais e aciona o sistema de alarme .
- d) **rede hidráulica de distribuição:** [...] é a rede formada por canalizações fixas localizadas após o sistema de controle e alarme, que alimenta os chuveiros automáticos.

### 4.2.1 Abastecimento de água

A água é o principal meio de combate a incêndio utilizado no mundo, sendo escolhida pela sua facilidade de utilização e armazenagem em quantidades razoáveis nos próprios reservatórios gerais dos prédios. No dimensionamento de redes de combate a incêndios, analisa-se a pressão necessária no sistema como um todo (dos reservatórios até a área de aplicação definida) e, quando esta pressão não atender a qualquer dependência do prédio, será obrigatória a instalação de um sistema de bombas de incêndio, especialmente em instalações de grande risco.

Existem dois tipos de reservatórios:

- a) **elevado** que é fabricado em aço ou concreto com placas antivórtice, indicador de nível e aterramento para reservatório metálico. Na saída do reservatório

(entre o reservatório e a casa de bombas) deverá haver uma junta de expansão e uma válvula gaveta;

- b) **subterrâneo** que é fabricado em concreto com placas antivórtice (opcional), poço de sucção, ralo e válvula de retenção. Na saída do reservatório (entre o reservatório e a casa de bombas) deverá haver uma junta de expansão e uma válvula gaveta.

Macintyre (2010, p.280) esclarece a capacidade dos reservatórios de abastecimento de água para as redes de *sprinklers*:

[...] o reservatório deverá ter a capacidade para atender 60 min, no caso de riscos pequenos, a uma descarga de 20 x 90 litros por minuto (correspondente a 20 aspersores de 1/2”), ou seja, 108.000 l. Em geral, consideram-se 125.000 l.

#### 4.2.2 Sistemas de bombas

Quando não há a possibilidade da pressão necessária para o abastecimento de água do reservatório, a rede de *sprinkler* utiliza-se de um sistema de bombas, conforme figura 8. As bombas podem ser movimentadas a diesel ou a rede elétrica e, normalmente, o sistema consiste em uma bomba principal, uma bomba reserva (se necessário) e uma bomba *jockey* (responsável pela pressurização da rede geral de incêndio).

As bombas de incêndio são geralmente instaladas ao lado dos reservatórios em uma estrutura em alvenaria chamada de casa de bombas. Este sistema tem por finalidade efetuar a sucção da água do reservatório e efetuar a pressurização da rede geral com objetivo de alimentar as redes de chuveiros automáticos, redes de hidrantes, dilúvio, etc.

Figura 8– Sistema de bombas



(fonte: YERGATA MONTAGENS E OBRAS LTDA, 2015)

### 4.2.3 Sistema de controle de alarmes

É o sistema composto por uma válvula de governo colocada em ação pelo próprio fluxo de água criado quando se abre um ou mais bicos de *sprinklers*, e um alarme hidráulico sonoro que sinaliza a operação, conforme figura 9.

Normalmente é instalada junto à válvula uma chave de fluxo para a interligação com o sistema de detecção e alarme de incêndio.

Figura 9– Sistema de controle e alarme



(fonte: SERMATTEC, 2015)

#### 4.2.4 Rede hidráulica de distribuição

Uma rede hidráulica de distribuição é composta de tubulações e conexões dispostas geometricamente com a finalidade de promover o escoamento da água até os locais definidos em projeto, conforme figura 10. A NBR 10.897 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2014, p.7) define as canalizações como:

- a) **coluna principal de alimentação do sistema (*riser*)**: tubo não subterrâneo, horizontal ou vertical, localizado entre a fonte de abastecimento de água e as tubulações gerais e subgerais, contando com uma válvula de governo e alarme.
- b) **ramais**: tubos aos quais os chuveiros são fixados.
- c) **tubulações gerais**: tubos que alimentam as tubulações subgerais, diretamente ou com conexões.
- d) **tubulações subgerais**: tubos que alimentam os ramais.

Existem definições mais amplas na literatura que abrangem canalizações e suas posições geométricas, como Brentano (2007, p.516-517), na qual a distribuição de água de uma rede hidráulica de um sistema de *sprinklers* é constituída “[...] por canalizações que alimentam os chuveiros automáticos a partir das válvulas de controle e alarme, com diâmetros apropriados [...]” com intuito de que a água alcance os chuveiros mais desfavoráveis com a pressão e vazão necessária. Essas canalizações são classificadas como:

- a) **sub-ramais (*branchlines*):** [...] são as ramificações nas quais os chuveiros automáticos estão conectados diretamente ou em pequenos segmentos horizontais de canalização com 60 cm de comprimento, no máximo. Os sub ramais partem dos ramais;
- b) **ramais ou sub-gerais (*crossmains*):** [...] são as canalizações que alimentam os sub-ramais e estão conectados à linha geral ou tronco;
- c) **geral ou tronco (*feedmain*):** [...] canalização que alimenta os ramais ou sub-gerais;
- d) **subidas ou descidas:** [...] são as canalizações verticais, de acordo com o sentido de circulação da água, que fazem as ligações entre as redes de chuveiros automáticos nos diversos níveis ou pavimentos e dos ramais aos sub-ramais ou destes aos chuveiros automáticos individuais, quando a subida ou descida exceder de 30 cm de comprimento;
- e) **coluna de incêndio ou coluna principal (*riser*):** [...] canalização principal, entre a fonte de abastecimento de água e as canalizações gerais ou ramais, que abastece todos os chuveiros automáticos da instalação, na base da qual está localizada a válvula de controle e os dispositivo de alarme de escoamento de água, que controla e comanda todo o sistema.

Figura 10– Rede hidráulica de distribuição



(fonte: RMS, 2015)

### 4.3 CLASSIFICAÇÃO DE OCUPAÇÃO DAS EDIFICAÇÕES

A lei complementar nº 14.376, de 26 de dezembro de 2013 (atualizada até a lei complementar nº 14.690, de março de 2015) estabelece normas sobre segurança, prevenção e proteção contra incêndios nas edificações e áreas de risco de incêndio no Estado do Rio Grande do Sul. A lei classifica as edificações considerando sua altura, área construída, capacidade de lotação, carga de incêndio, ocupação e uso. A classificação é realizada por meio de tabelas (inclusas na lei) que definem as medidas de segurança contra incêndio que cada edificação deve proceder. Dependendo da classificação da edificação, torna-se necessário a instalação de rede de chuveiros automáticos.

Para o dimensionamento e execução de rede de chuveiros automáticos é fundamental levar em consideração a classe de risco da edificação que será protegida, pois a quantidade de bicos aspersores varia proporcionalmente ao risco e as características de combustibilidade dos materiais e produtos armazenados. A NBR 10.897 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2014) revisada e baseada na NFPA 13 (NATIONAL FIRE PROTECTION ASSOCIATION-STANDAR FOR THE INSTALLATION OF SPRINKLER SYSTEM, 1999) classifica as edificações em classes de risco, segundo as suas ocupações.

#### 4.3.1 Ocupações de risco leve

Conforme a NBR 10.897 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2014, p.9) esta ocupação abrange:

[...] as ocupações ou parte das ocupações onde a quantidade e/ou a combustibilidade do conteúdo (carga incêndio) é baixa tendendo a moderada e onde é esperada uma taxa de liberação de calor de baixa a média.

Nesta classificação o Anexo A da NBR 10.897 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2014, p.91) inclui exemplos de ocupações que tem uso e condições similares para edificações de risco leve conforme tabela 3.

Tabela 3–Ocupações de uso e condições similares– risco leve

Classificação	Exemplos
Risco leve	igrejas clubes escolas públicas e privadas (1º, 2º e 3º graus) hospitais com ambulatórios, cirurgia e centros de saúde hotéis, edifícios residenciais e similares bibliotecas e salas de leituras, exceto salas com prateleiras altas museus asilos e casas de repouso prédios de escritórios, incluindo processamento de dados áreas de refeição em restaurantes, exceto áreas de serviço teatros e auditórios, exceto palcos e proscênios prédios da administração pública

(fonte: ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2014)

### 4.3.2 Ocupações de risco ordinário

Nesta classificação o risco é considerado moderado e a NBR 10.897/2014 subdivide em dois grupos classificando a edificação quanto a sua altura.

#### 4.3.2.1 Ocupações de risco ordinário – grupo I

Conforme a NBR 10.897 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2014, p.9) esta ocupação abrange:

[...] as ocupações ou parte de ocupações onde a combustibilidade do conteúdo é baixa e a quantidade de materiais combustíveis é moderada. A altura de armazenamento não pode exceder a 2,4 m. São esperados incêndios com moderada taxa de liberação de calor.

Nesta classificação o Anexo A da NBR 10.897 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2014, p.91) inclui exemplos de ocupações que tem uso e condições similares para edificações de risco ordinário grupo I, conforme tabela 4.

Tabela 4–Ocupações de uso e condições similares– risco ordinário grupo I

Risco ordinário – Grupo 1	estacionamentos de veículos e showrooms padarias fabricação de bebidas (refrigerantes, sucos) fábricas de conservas processamento e fabricação de produtos lácteos fábricas de produtos eletrônicos fabricação de vidro e produtos de vidro lavanderias áreas de serviço de restaurantes
---------------------------	--

(fonte: ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2014)

#### 4.3.2.2 Ocupações de risco ordinário – grupo II

Conforme a NBR 10.897 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2014, p.9) esta ocupação abrange:

[...] as ocupações ou parte de ocupações onde a quantidade e a combustibilidade do conteúdo é de moderada a alta. A altura de armazenamento não pode exceder a 3,7 m. São esperados incêndios alta taxa de liberação de calor .

Nesta classificação, o Anexo A da NBR 10.897 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2014, p.92) inclui exemplos de ocupações que tem uso e condições similares para edificações de risco ordinário grupo II, conforme tabela 5.

Tabela 5–Ocupações de uso e condições similares – risco ordinário grupo II

Classificação	Exemplos
Risco ordinário – Grupo 2	moinhos de grãos fábricas de produtos químicos – comuns confeitarias destilarias instalações para lavagem a seco fábricas de ração animal estábulo fabricação de produtos de couro bibliotecas – áreas de prateleiras altas áreas de usinagem indústria metalúrgica lojas fábricas de papel e celulose processamento de papel piéres e embarcadouros correios gráficas oficinas mecânicas áreas de aplicação de resinas palcos indústrias têxteis fabricação de pneus fabricação de produtos de tabaco processamento de madeira montagem de produtos de madeira

(fonte: ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2014)

### 4.3.3 Ocupações de risco extra ou extraordinário

Nesta classificação a NBR 10.897 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2014, p.10), o risco é considerado alto e a norma subdivide em dois grupos conforme o tipo e quantidade de material de alta combustibilidade.

#### 4.3.3.1 Ocupações de risco extra ou extraordinário – grupo I

Conforme a NBR 10.897 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2014, p.10) esta ocupação abrange:

[...] as ocupações ou parte de ocupações onde a quantidade e a combustibilidade do conteúdo é muito alta, podendo haver a presença de pós e outros materiais que provocam incêndios de rápido desenvolvimento, produzindo alta taxa de liberação

de calor. Neste grupo as ocupações não possuem líquidos combustíveis e inflamáveis.

Nesta classificação, o Anexo A da NBR 10.897 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2006, p.92) inclui exemplos de ocupações que tem uso e condições similares para edificações de risco extra ou extraordinário grupo I, conforme tabela 6.

Tabela 6–Ocupações de uso e condições similares – risco extra ou extraordinário grupo I

Risco extraordinário – Grupo 1	<p>hangares          áreas de uso de fluidos hidráulicos combustíveis          fundições          extrusão de metais          fabricação de compensados e aglomerados          gráficas [que utilizem tintas com ponto de fulgor menor que 100 °F (38 °C)]          recuperação, formulação, secagem, moagem e vulcanização de borracha          serrarias          processos da indústria têxtil: escolha da matéria-prima, abertura de fardos, elaboração de misturas, batedores, cardagem etc.          estofamento de móveis com espumas plásticas</p>
--------------------------------	--

(fonte: ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2014)

#### 4.3.3.2 Ocupações de risco extra ou extraordinário – grupo II

Conforme a NBR 10.897 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2014, p.10) esta ocupação abrange: “[...] as ocupações com moderada ou substancial quantidade de líquidos combustíveis ou inflamáveis [...]”

Nesta classificação, o Anexo A, da NBR 10.897 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2014, p.93), inclui exemplos de ocupações que tem uso e condições similares para edificações de risco extra ou extraordinário grupo II, conforme tabela 7.

Tabela 7–Ocupações de uso e condições similares –risco extra ou extraordinário grupo II

Classificação	Exemplos
Risco extraordinário – Grupo 2	saturação com asfalto aplicação de líquidos inflamáveis por <i>spray</i> pintura por <i>flowcoating</i> manufatura de casas pré-fabricadas ou componentes pré-fabricados para construção (quando a estrutura final estiver presente e tiver interiores combustíveis) tratamento térmico em tanques de óleo abertos processamento de plásticos limpeza com solventes pintura e envernizamento por imersão

(fonte: ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2014)

#### 4.3.4 Ocupações de risco especial

Segundo Brentano (2007, p.516) ocupações de risco especial são definidas como:

[...] ocupações ou parte das ocupações de edificações comerciais ou industriais, onde se armazenam líquidos combustíveis e inflamáveis, produtos de alta combustibilidade, como borracha, papel e papelão, espumas celulares ou materiais comuns em alturas superiores a 3,7 metros.

A NBR 10.897 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2014, p.93-94) não classifica e não trata deste tipo de ocupação, apenas recomenda as normas da *NACIONAL FIRE PROTECTION ASSOCIATION*, a saber: “NFPA 30, NFPA 30 B, NFPA 36, NFPA 40, NFPA 45, NFPA 75, NFPA 82, NFPA 96, NFPA 214, NFPA 232, NFPA 409, NFPA 416, NFPA 480, NFPA 481, NFPA 482 , em seu anexo A2.”

#### 4.4 ÁREA DE COBERTURA E DISTÂNCIA MÁXIMA ENTRE *SPRINKLERS*

Á área de cobertura de um *sprinkler* depende não só do tipo de chuveiro automático que é utilizado, mas também do tipo de teto a ser protegido e o risco onde esta enquadrada a edificação a proteger. No entanto, cada tipo de chuveiro automático possui uma área máxima de cobertura, pois seus orifícios de descarga e design são diferenciados. Na tabela 8 verificam-se as áreas máximas e mínimas de cobertura por tipo de chuveiro.

Tabela 8–Área máxima e mínima de cobertura de *sprinklers*

Tipo de chuveiro automático	Área de Cobertura (m <sup>2</sup> )	
	Máxima	Mínima
Padrão	21,0	-
Cobertura Estendida(CE)	37,0	-
Gotas Grandes(GG)	12,0	7,0
Supressão Imediata e Resposta Rápida(ESFR)	9,3	6,0

(fonte: BRENTANO, 2015, p.243)

A distância entre chuveiros automáticos depende da intersecção formada pela área de cobertura e pela altura no qual estão fixados os mesmos, pois na intersecção destas áreas não poderá ocorrer o aparecimento de áreas cegas ou desprotegidas.

A NBR 10.897 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2014, p. 35) fornece tabelas que são utilizadas para a determinação da área de cobertura e das distâncias a serem utilizadas por tipo de *sprinkler* e área de risco. Neste trabalho foi utilizado o *sprinkler* tipo *spray* conforme tabela 9.

Tabela 9–Área cobertura máxima por chuveiro automático e distância máxima entre chuveiros automáticos tipo *spray* de cobertura padrão (pendente ou em pé)

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

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

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

(fonte: ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2014)

## 5 EDIFICAÇÕES PROPOSTAS

As edificações propostas neste trabalho são de lojas de departamentos com área livre, sem compartimentação (paredes divisórias). Este tipo de edificação foi escolhida pela necessidade de uma área de exposição relativamente grande, mas com pé direito baixo de 3,5 metros, e com cobertura em laje de concreto sem entre forro, na qual as instalações ficam aparentes em sintonia com a parte arquitetônica.

A distribuição da rede de chuveiros automáticos ocorre paralela a laje de concreto fixada a 20 cm do teto, e utilizando chuveiros automáticos tipo pendente de cobertura padrão.

Neste trabalho optou-se por nove edificações com áreas distintas (apresentadas no capítulo 6) para o cálculo de dimensionamento executado por tabelas e por cálculo hidráulico, estas edificações foram classificadas como ocupações de RISCO ORDINÁRIO – GRUPO II.

Tabela 10–Área das Edificações

Projeto	Área	Nº de Chuveiros Automáticos
	(m <sup>2</sup> )	(und.)
Edificação 1	672,00	56
Edificação 2	588,00	49
Edificação 3	500,00	42
Edificação 4	420,00	35
Edificação 5	336,00	28
Edificação 6	252,00	21
Edificação 7	217,73	18
Edificação 8	179,42	15
Edificação 9	144,14	12

(fonte: elaborado pelo autor)

O número de chuveiros automáticos necessários para efetuar a proteção destas edificações foi calculado, dividindo-se a área da edificação, pela máxima área de cobertura de um chuveiro automático tipo pendente de cobertura padrão (dado fornecido pela tabela 9).

## 6 SISTEMA PROJETADO POR TABELAS NORMALIZADAS

De acordo com a norma NBR 10897 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2014, p.6) um sistema calculado por tabela é definido como um:

[...] sistema de chuveiros cujos diâmetros de tubulação são selecionados em tabelas preparadas conforme a classificação da ocupação, e no qual um dado número de chuveiros pode ser alimentado por diâmetros específicos de tubulação.

O dimensionamento da rede de chuveiros automáticos parte de um projeto arquitetônico da edificação com planta baixa e cortes. Com este material, classificou-se a edificação quanto a seu grau de risco (neste trabalho as edificações foram classificadas como: **edificações de risco ordinário - grupo II**) conforme a tabela 5, e através de tabelas normalizadas definiu-se o número de chuveiros automáticos que suporta cada tubulação.

### 6.1 LIMITAÇÕES PARA O DIMENSIONAMENTO POR TABELAS

A NBR 10897 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2014, p. 84) define limites de área para o dimensionamento de sistemas novos que deve ser inferior a 465m<sup>2</sup>. Para ampliações e modificações em sistemas existentes que foram originalmente calculados por este método, a norma não estipula área.

### 6.2 DEMANDA DE ÁGUA

A demanda de água mínima no cálculo por tabela é definida pela norma NBR 10897 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2014, p.67) para riscos leves e ordinários conforme a tabela 11.

Tabela 11–Demanda de água para sistemas calculados por tabela

Tipo de ocupação	Pressão residual mínima exigida KPa	Vazão na base da coluna principal do sistema (incluindo demanda de hidrantes) L/min	Duração min
Risco leve	100	2 850	60
Risco ordinário	140	5 650	90

(fonte: ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2014)

Cálculos como a demanda de água necessária para a rede não foram abordados, já que o trabalho proposto parte da premissa que a linha principal já está abastecida e com a demanda necessária que atenda a rede proposta.

### 6.3 DIMENSIONAMENTO POR TABELAS NORMATIZADAS

O dimensionamento das tubulações foi feito consultando tabelas definidas pela norma NBR 10897 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2014) na qual a mesma confere o número máximo de chuveiros automáticos que cada tubulação deve conter.

Cada coluna de alimentação deve ser dimensionada de tal forma que consiga suprir de água todos os chuveiros automáticos ligados a ela em um determinado pavimento. Os ramais, salvo exceções de norma, devem suportar no máximo oito chuveiros automáticos em cada lado da tubulação sub geral.

Com os distanciamentos máximos dados na tabela 9 e com o auxílio da norma NBR 10.897 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2014, p.87-88), foi elaborada a tabela 12 que resume o dimensionamento das tubulações para ocupações de riscos ordinários.

Tabela 12–Número de chuveiros automáticos acima ou abaixo de um teto ou forro (risco ordinário)

Diâmetro		Espaçamento entre chuveiros ou entre ramais	
Nominal	inch	até 3,7 m	> 3,7 m
		Nº de chuveiros	
DN 25	1"	2	2
DN 32	1.1/4"	3	3
DN 40	1.1/2"	5	5
DN 50	2"	10	10
DN 65	2.1/2"	20	15
DN 80	3"	40	30
DN 90	3.1/2"	65	60
DN 100	4"	100	100

(fonte: elaborado pelo autor)

A trajetória das tubulações e o projeto foram executados conforme a disposição da entrada ou tomada de água, que neste trabalho foi posicionada no canto da edificação, definindo um ramal lateral para distribuição dos sub ramais.

O dreno indicado no projeto das edificações, exigido por norma, tem por finalidade a drenagem da rede para efetuar as manutenções devidas, quando necessárias, e não foi custeado, pois ele participa igualmente nas duas metodologias com o mesmo dimensionamento.

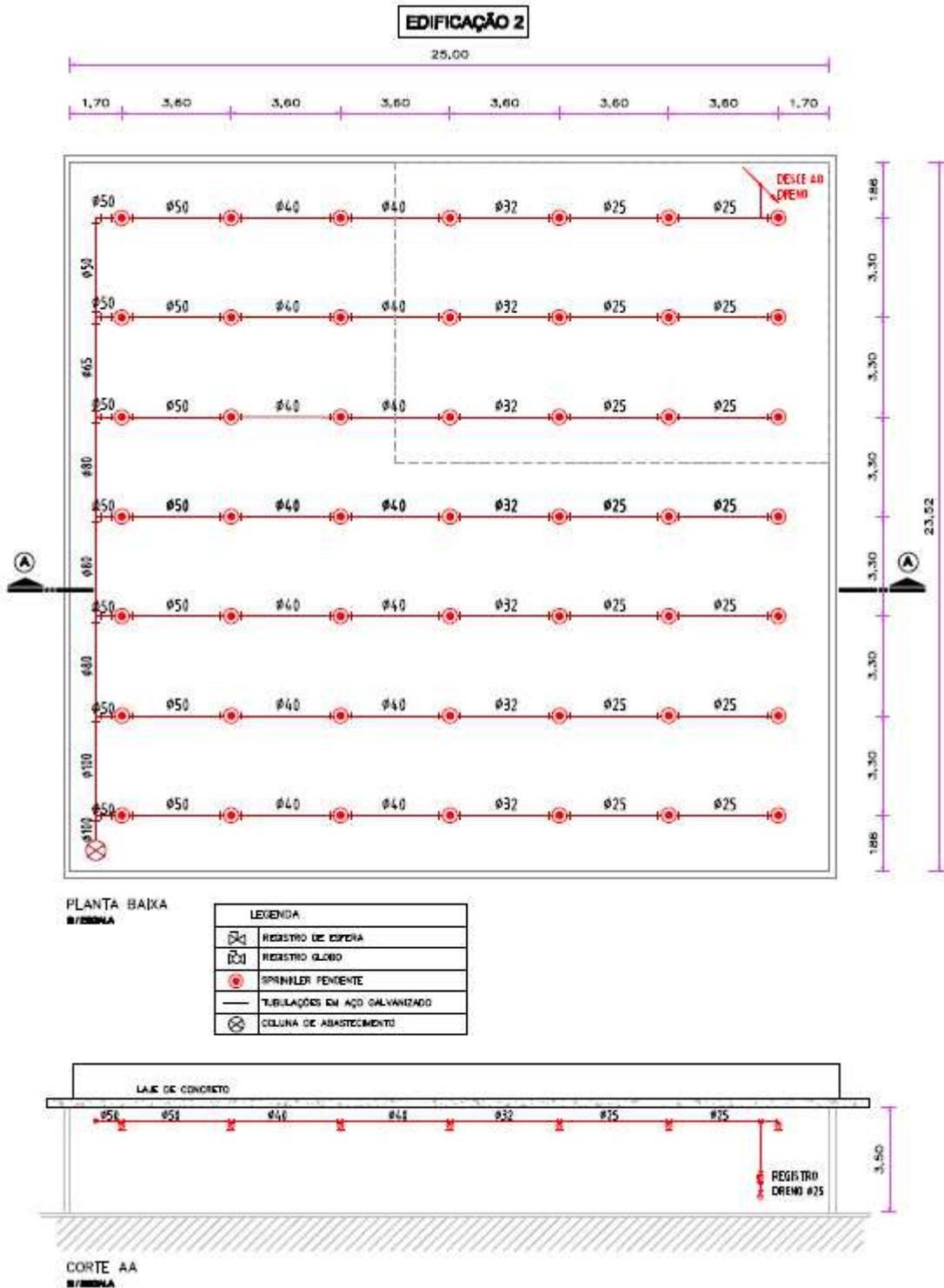
Da mesma forma que o sistema de dreno, não foram custeados os bicos de *sprinklers* e canoplas (acabamentos circulares para teto fixados aos chuveiros automáticos), pois são repetitivos, de mesma quantidade e valores nos dois sistemas avaliados (sistema de dimensionamento por tabelas normatizadas e sistema de dimensionamento por cálculo hidráulico).

## 6.4 PROJETOS DE EDIFICAÇÕES POR CÁLCULO DE TABELAS

Os projetos das edificações e os dimensionamentos executados por tabelas normatizadas definem tamanhos de tubulações e de conexões necessárias, definidos nas figuras 11 a 19.



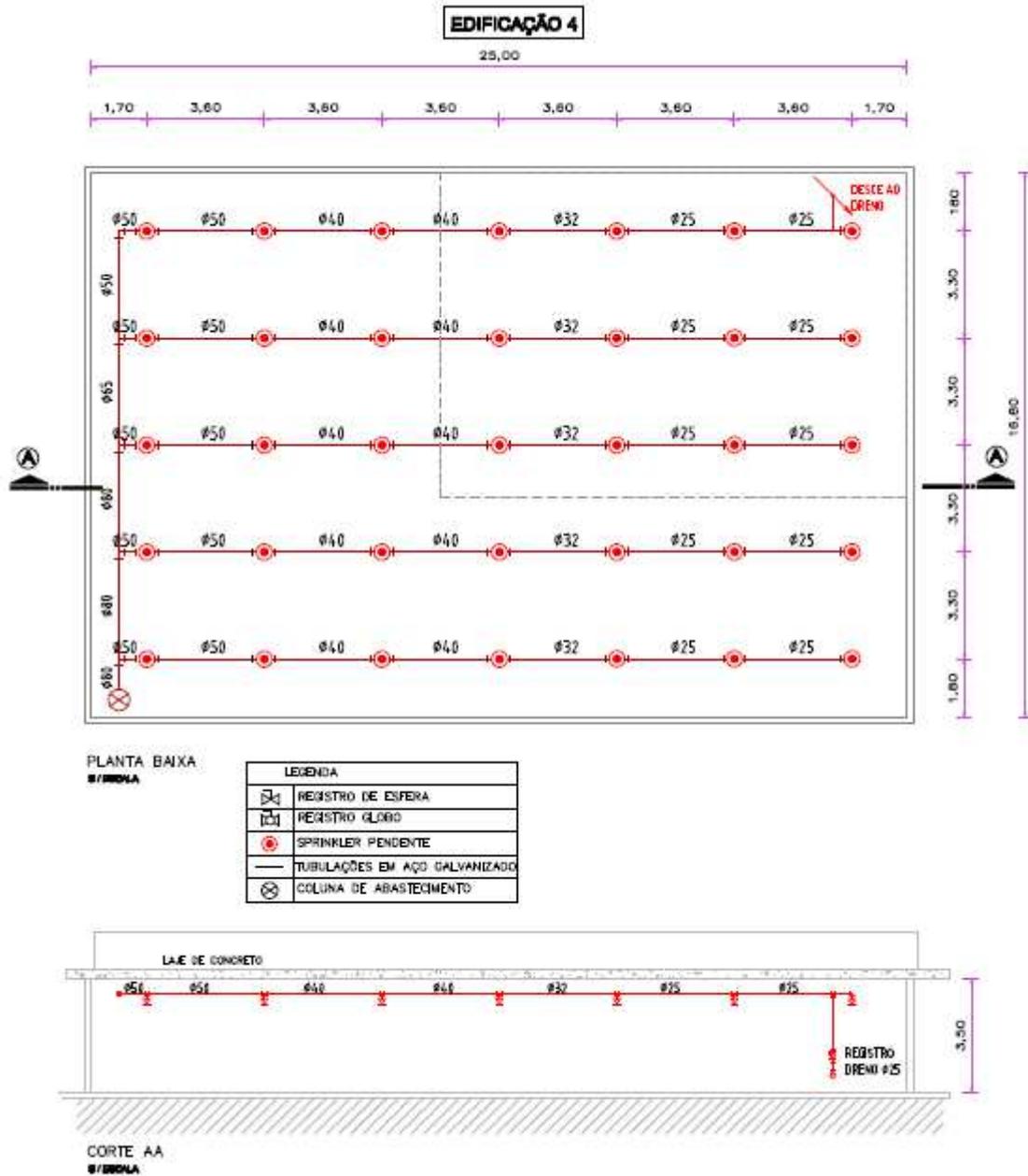
Figura 12–Dimensionamento por tabelas (edificação 2)



(fonte: elaborado pelo autor)

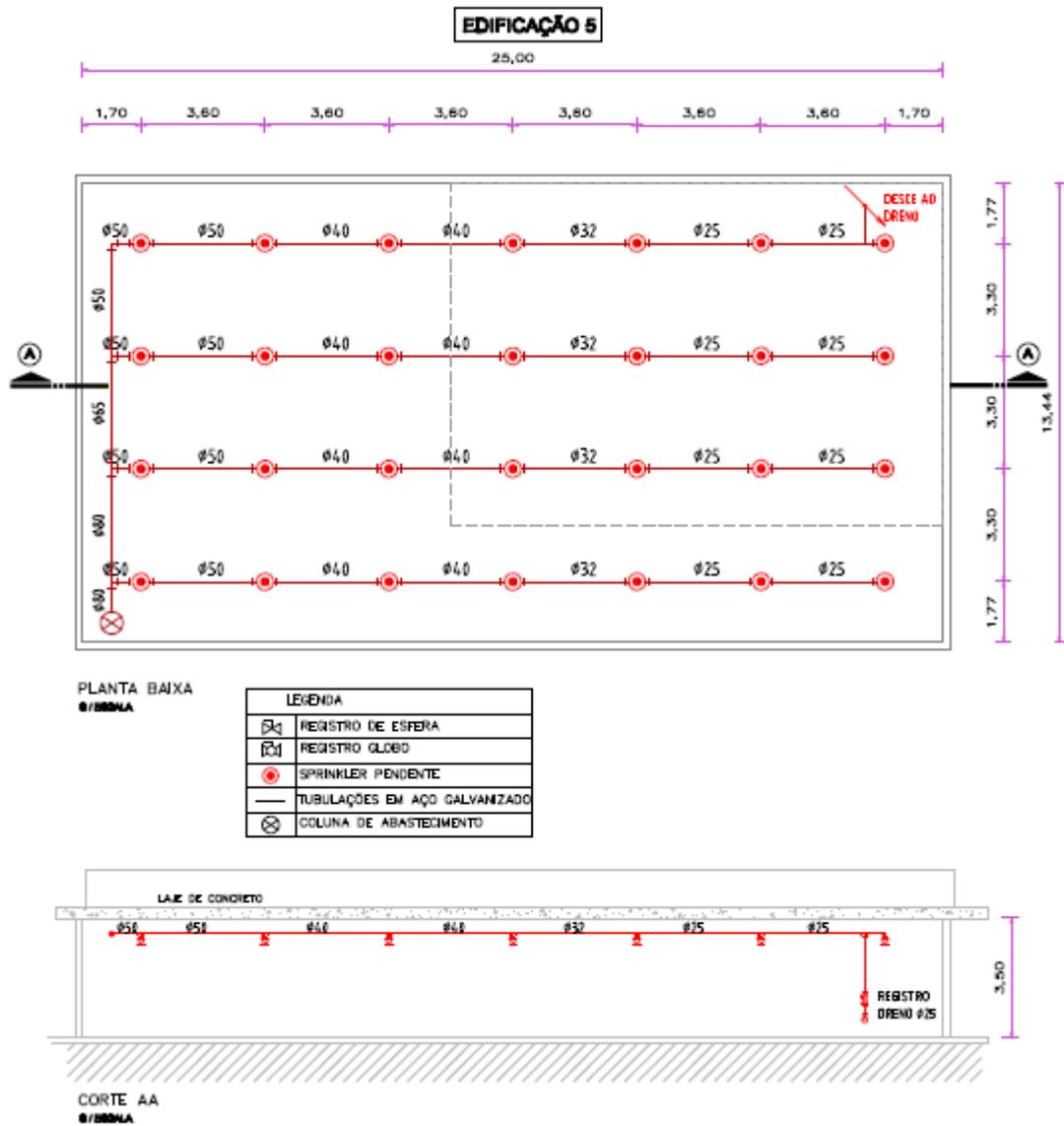


Figura 14–Dimensionamento por tabelas (edificação 4)



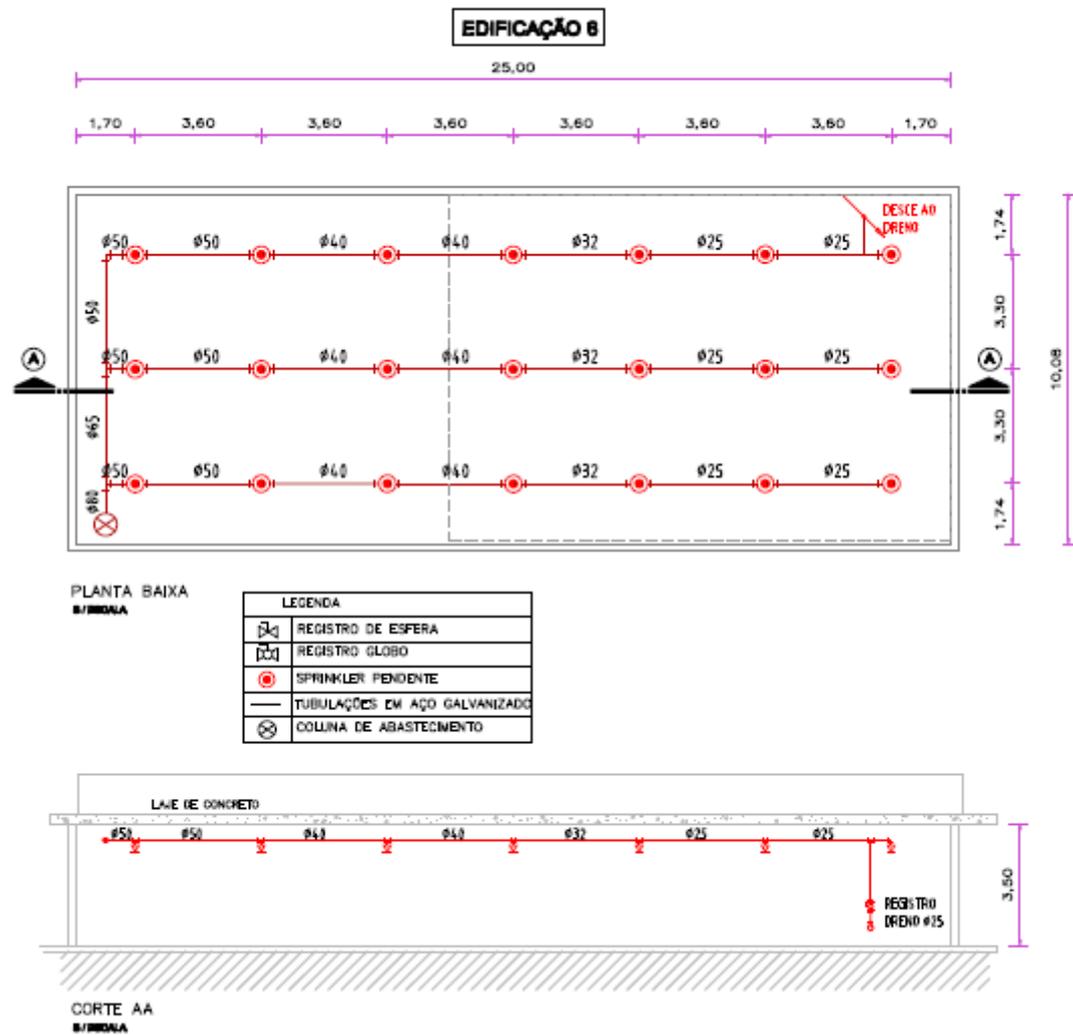
(fonte: elaborado pelo autor)

Figura 15–Dimensionamento por tabelas (edificação 5)



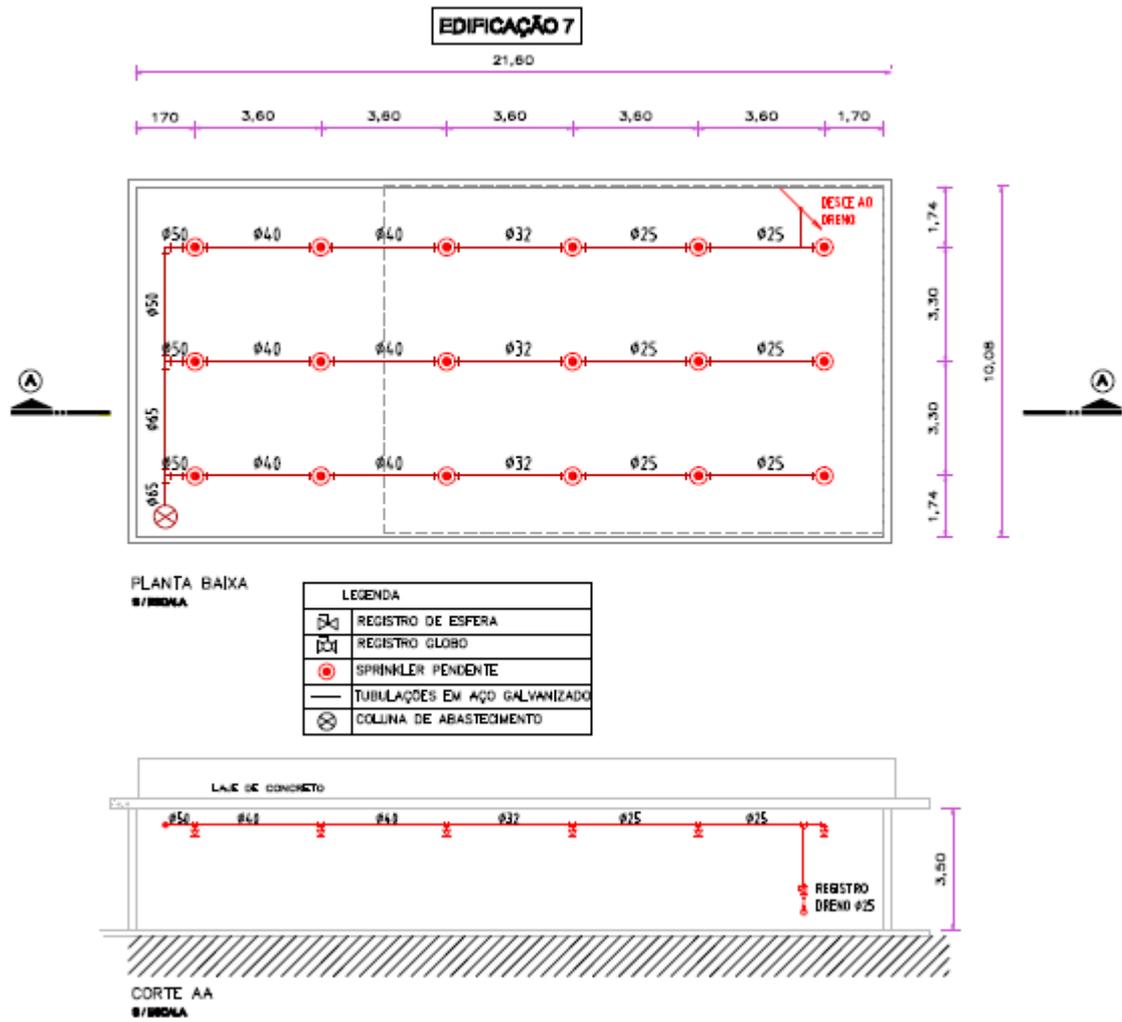
(fonte: elaborado pelo autor)

Figura 16–Dimensionamento por tabelas (edificação 6)



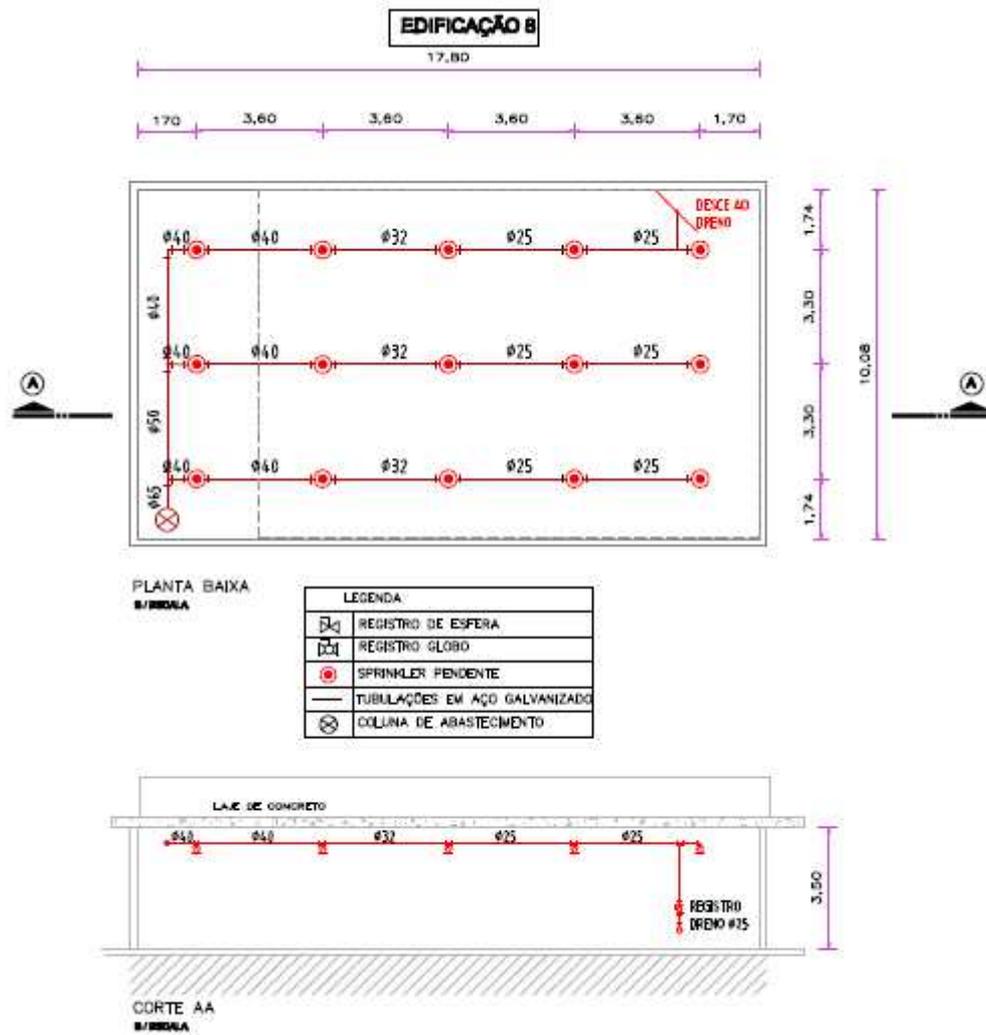
(fonte: elaborado pelo autor)

Figura 17–Dimensionamento por tabelas (edificação 7)



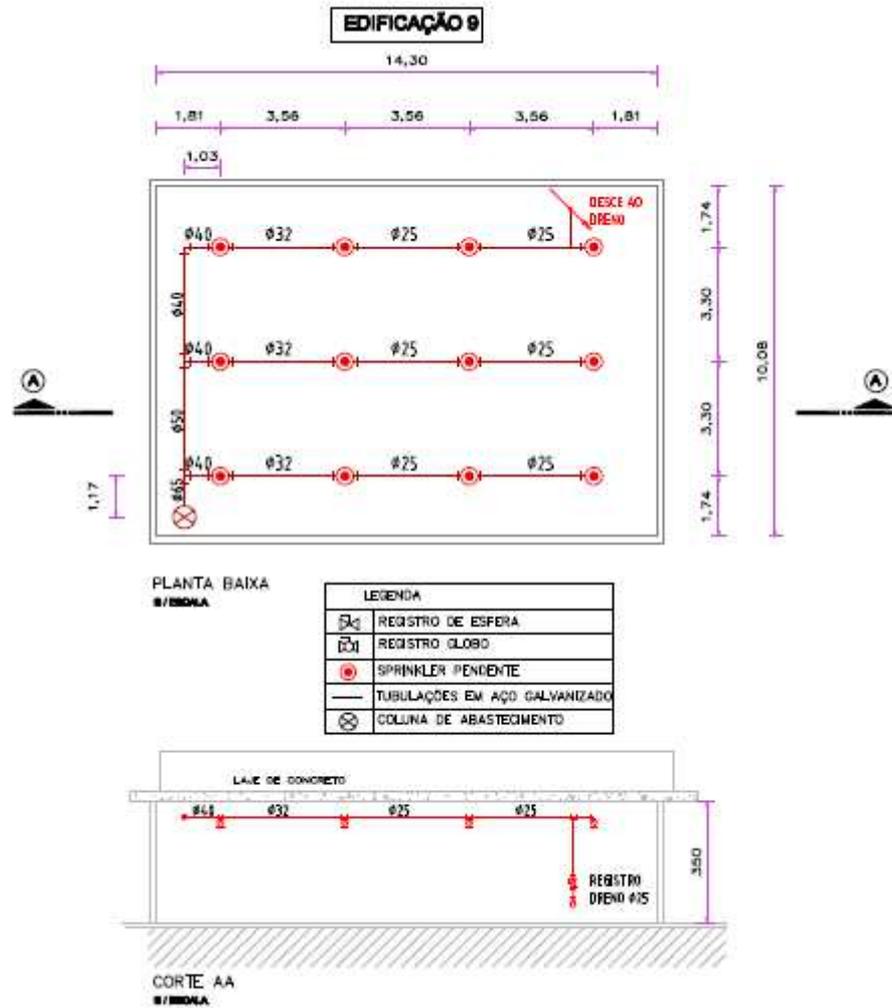
(fonte: elaborado pelo autor)

Figura 18–Dimensionamento por tabelas (edificação 8)



(fonte: elaborado pelo autor)

Figura 19–Dimensionamento por tabelas (edificação 9)



(fonte: elaborado pelo autor)

## 7 SISTEMA PROJETADO POR CÁLCULO HIDRÁULICO

Um sistema projetado por cálculo hidráulico considera o funcionamento simultâneo de um grupo de chuveiros automáticos localizados na região mais desfavorável do ponto de vista das pressões. Seu dimensionamento é efetuado na garantia de proteção desta área que será a mais crítica ou a mais afastada do sistema de bombas, garantindo a segurança de todas as demais áreas da edificação, pois a proteção destas áreas será feita com maior capacidade quando exigida.

Os diâmetros de tubulações são selecionados com base na perda de carga das linhas de tubos de aço e conexões, calculando as pressões e velocidades de operação, de modo a oferecer a densidade de descarga de água necessária para o controle de um possível sinistro.

Brentano (2007, p.334) comenta das bases de dimensionamento por cálculo hidráulico:

[...] para se fazer o dimensionamento a favor da segurança escolhe-se a área setorial da área total do pavimento de uma edificação, geralmente a que esta mais afastada do sistema de bombas, cujos chuveiros automáticos são os hidráulicamente mais desfavoráveis da instalação e que devem apresentar, por consequência, maior perda de carga para a água em seu trajeto, de tal forma que possa comprometer a vazão e a pressão requeridas.

### 7.1 PERDA DE CARGA

Para efetuar o cálculo hidráulico é necessário estimar as perdas de carga, que são perdas de energia hidráulica devido à viscosidade do fluido e ao seu atrito com as paredes internas das tubulações e das singularidades.

De acordo com a norma NBR 10897 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2014, p.83) para o dimensionamento por cálculo hidráulico a perda de carga em tubos e singularidades deve ser calculada com a fórmula de *Hazen-Williams* (fórmula 2).

(fórmula 2).

$$h_p = 10,6451 \cdot \left[ \frac{Q^{1,852}}{C^{1,852} \cdot D^{4,871}} \right]$$

Sendo:

$h_p$  = perda de carga unitária por atrito (mca/m)

$Q$  = vazão (m<sup>3</sup>/s)

$C$  = fator de *Hazen-Williams* (adimensional)

$D$  = diâmetro interno do tubo (m)

Em geral, os coeficientes de rugosidade ( $C$ ) são encontrados empiricamente são apresentados a partir de tabelas, para diferentes materiais, como pode ser observado na tabela 13:

Tabela 13: Coeficiente de rugosidade ( $C$ ) para fórmula de *Hazen-Williams* para os diferentes materiais.

Material	Coefficiente C
Alumínio	130 - 150
Bronze	130 - 140
Ferro Fundido - Novo	130
Ferro Fundido - 20 anos	89 - 100
Ferro Fundido - 40 anos	64 - 83
Concreto	100 - 140
Cobre	130 - 140
Vidro	130
Plástico	130 - 150
Aço - Novo	140 - 150

(fonte: GOMES, 1995<sup>1</sup>apud FREIRE, 2000, p. 24)

A NBR 10897 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2014, p.83) fornece também uma tabela para obtenção deste coeficiente (tabela 14)

<sup>1</sup>GOMES,H. Programa para dimensionamento de redes hidráulicas pressurizadas. Universidade Federal da Paraíba, Campina Grande, 1995.

Tabela 14–Valores C de *Hazen-Williams*

Tubo	C *
Ferro fundido ou dúctil, sem revestimento	100
Aço preto (sistemas secos, inclusive os de ação prévia)	100
Aço preto (sistemas molhados, inclusive os sistemas de dilúvio)	120
Galvanizado (todos)	120
Plástico (certificado) todos	150
Ferro fundido ou dúctil com revestimento de cimento	140
Cobre ou aço inox	150
* Válidos para tubos novos.	

(fonte: ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2014)

O coeficiente de rugosidade (C) da fórmula de *Hazen-Williams* deve ser adequadamente escolhido, pois quanto menor o valor deste coeficiente maior será a perda de carga e, conseqüentemente, maior será o diâmetro calculado a ser utilizado.

Para a obtenção do valor da perda de carga total de um sistema foi necessário calcular as perdas de carga localizadas, devido às singularidades (conexões, válvulas, etc.) existentes no projeto, e adicioná-las às perdas de carga contínuas devido ao atrito nos trechos retilíneos das tubulações.

A perda de carga contínua na tubulação é calculada pelo comprimento tomado no trecho reto da tubulação (comprimento retilíneo real da instalação) multiplicado pela perda de carga unitária calculada naquele trecho.

A perda de carga localizada é representada como um tubo reto, ou seja, as singularidades foram ensaiadas por laboratórios especializados obtendo-se estimativas de valores de sua perda de carga, e que estes valores equivaleriam a um determinado comprimento de uma tubulação reta (comprimento equivalente). Existem tabelas de equivalência para as singularidades, com o objetivo de facilitar o trabalho de cálculo prático.

Nessas tabelas já estão calculadas as estimativas de perdas de carga para diversos tipos de singularidades. A tabela 15 apresenta as perdas de carga utilizadas em aço galvanizado.

Tabela 15–Comprimento equivalente para estimativa de perda de carga

Equivalência da Perda de Carga das Conexões TUPY BSP em Metros de Tubos de Aço Galvanizados													
DIÂMETRO NOMINAL	1/4	3/8	1/2	3/4	1	1 1/4	1 1/2	2	2 1/2	3	4	5	6
	0,23	0,35	0,47	0,70	0,94	1,17	1,41	1,88	2,35	2,82	3,76	4,70	5,64
	0,22	0,33	0,44	0,67	0,89	1,11	1,33	1,78	2,23	2,68			
		0,16	0,22	0,32	0,43	0,54	0,65	0,86	1,08	1,30	1,73	2,16	2,99
		0,61	0,81	1,22	1,63	2,03	2,44	3,25					
			0,27	0,41	0,55	0,68	0,82	1,04	1,37	1,64	2,18		
	0,16	0,24	0,32	0,48	0,64	0,79	0,95	1,27	1,59	1,91	2,54		
		0,25	0,34	0,50	0,67	0,84	1,01	1,35	1,68	2,02	2,69		4,04
	0,10	0,15	0,20	0,30	0,41	0,51	0,61	0,81	1,02	1,22			
			0,43	0,65	0,86	1,08	1,30	1,73					
	0,04	0,06	0,08	0,12	0,17	0,21	0,25	0,33	0,41	0,50	0,66	0,83	0,99
	0,34	0,51	0,69	1,03	1,37	1,71	2,06	2,74	3,43	4,11	5,49	6,86	8,23
	0,42	0,62	0,83	1,25	1,66	2,08	2,50	3,33	4,16	4,99	6,65	8,32	9,98
			0,09	0,13	0,18	0,22	0,27	0,36	0,44	0,55	0,73		
			0,44	0,66	0,88	1,10	1,31	1,75	2,19	2,70	3,51		
	0,05	0,08	0,10	0,15	0,20	0,25	0,30	0,41	0,49	0,59			
	0,34	0,50	0,67	1,01	1,35	1,68	2,02	2,69	3,36	4,02			
			0,28										
			0,30										
	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,02	0,02	0,03
	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01		

DIÂMETRO NOMINAL	1/2 - 1/2	1/2 - 1	1/2 - 1 1/2	3/4 - 3/4	3/4 - 1	3/4 - 1 1/2	1 - 1 1/2
	1,17	0,96	0,93	1,06	1,03	1,23	1,57

Valores baseados em ensaios efetuados pelo Departamento de Hidráulica e Saneamento da Escola de Engenharia de São Carlos (SP).  
Obs.: Válidos apenas na condução de água a temperatura ambiente.

(fonte: TUPY S.A, 2009)

Assim a perda de carga total pode ser calculada com base na fórmula de *Hazen-Williams* como descrita na fórmula 3:

(fórmula 3).

$$h_p = 10,6451 \cdot \left[ \frac{Q^{1,852}}{C^{1,852} \cdot D^{4,871}} \right] \cdot (L_e + L_c)$$

Sendo:

$h_p$  = perda de carga total por atrito no trecho (mca/m)

$Q$  = vazão (m<sup>3</sup>/s)

$C$  = fator de *Hazen-Williams* (adimensional)

$D$  = diâmetro interno do tubo (m)

$L_c$  = perda de carga contínua (m)

$L_e$  = perda de carga localizada (m)

Uma das principais vantagens deste método é a sua simplicidade, quando comparado a outros métodos presentes na literatura. Por outro lado, ele não considera os efeitos da variação da temperatura e viscosidade do fluido. Como o fluido, utilizado em redes de *sprinklers*, na maior parte das situações é a água, e a faixa de temperatura de aplicação é a ambiente, estas variações são consideradas desprezíveis neste caso.

## 7.2 CARGA DE VELOCIDADE E PRESSÃO DE ESCOAMENTO

Referente à carga de velocidade ou a pressão de velocidade conceitua-se como a pressão que atua paralelamente a parede da tubulação sem exercer pressão sobre ela e é determinada com base na equação abaixo (fórmula 4):

$$P_v = \frac{225 \cdot Q^2}{D^4}$$

(fórmula 4)

Sendo:

$P_v$  = pressão de velocidade (kPa)

$Q$  = vazão (l/min)

$D$  = diâmetro interno do tubo (mm)

A respeito da pressão total no escoamento em uma canalização a pressão total “ $P_t$ ” é dada pela soma da pressão normal “ $P_n$ ” e da pressão de velocidade “ $P_v$ ” (fórmula 5):

(fórmula 5)

$$P_t = P_n + P_v$$

Sendo:

$P_t$  = pressão total (kPa)

$P_n$  = pressão normal (kPa)

$P_v$  = pressão de velocidade (kPa)

A pressão normal é a pressão exercida contra a parede da canalização independente da velocidade. Sem escoamento é chamada de “pressão estática”, e com escoamento é chamada de “pressão residual ou dinâmica” e pode ser expressa por (fórmula 6):

(fórmula 6)

$$P_n = P_t - P_v$$

Sendo:

$P_n$  = pressão normal (kPa)

$P_t$  = pressão total (kPa)

$P_v$  = carga de velocidade (kPa)

Para se calcular a pressão em cada chuveiro automático ou *sprinkler* pode ser considerado, no cálculo, as duas pressões atuando simultaneamente. Caso a pressão de velocidade seja desconsiderada no cálculo, a pressão normal iguala-se a pressão total, por outro lado, considerando a pressão de velocidade a pressão normal será obtida subtraindo-se da pressão total a pressão de velocidade.

Segundo Brentano (2007, p.345), a pressão de velocidade pode ser desconsiderada:

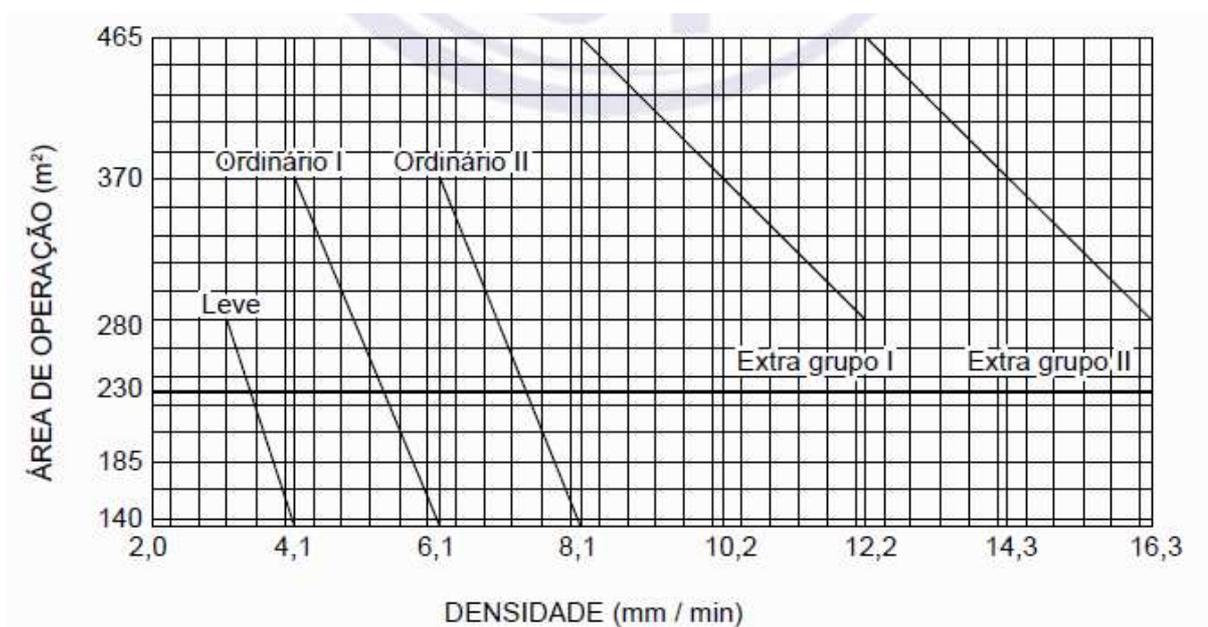
[...] geralmente a pressão de velocidade é desconsiderada no cálculo porque seus valores comparativamente com os da pressão normal são muito menores. Então, sem considerar a pressão de velocidade se trabalhara com pressões um pouco maiores nos chuveiros automáticos o que é favorável a segurança.

A NFPA 132002 recomenda considerar a pressão de velocidade no cálculo quando ela constituir mais de 5% da pressão total. No chuveiro automático mais desfavorável da instalação ela nunca é considerada.

### 7.3 DENSIDADE DE ÁGUA (Da)

Para o cálculo hidráulico se faz necessário obtermos a vazão mínima por metro quadrado para toda a área a ser definida em função da classe de risco que se enquadra a edificação. A NBR 10897 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2014, p.68) fornece curvas de densidade por área para este cálculo conforme a figura 20:

Figura 20– Curva de densidade e área

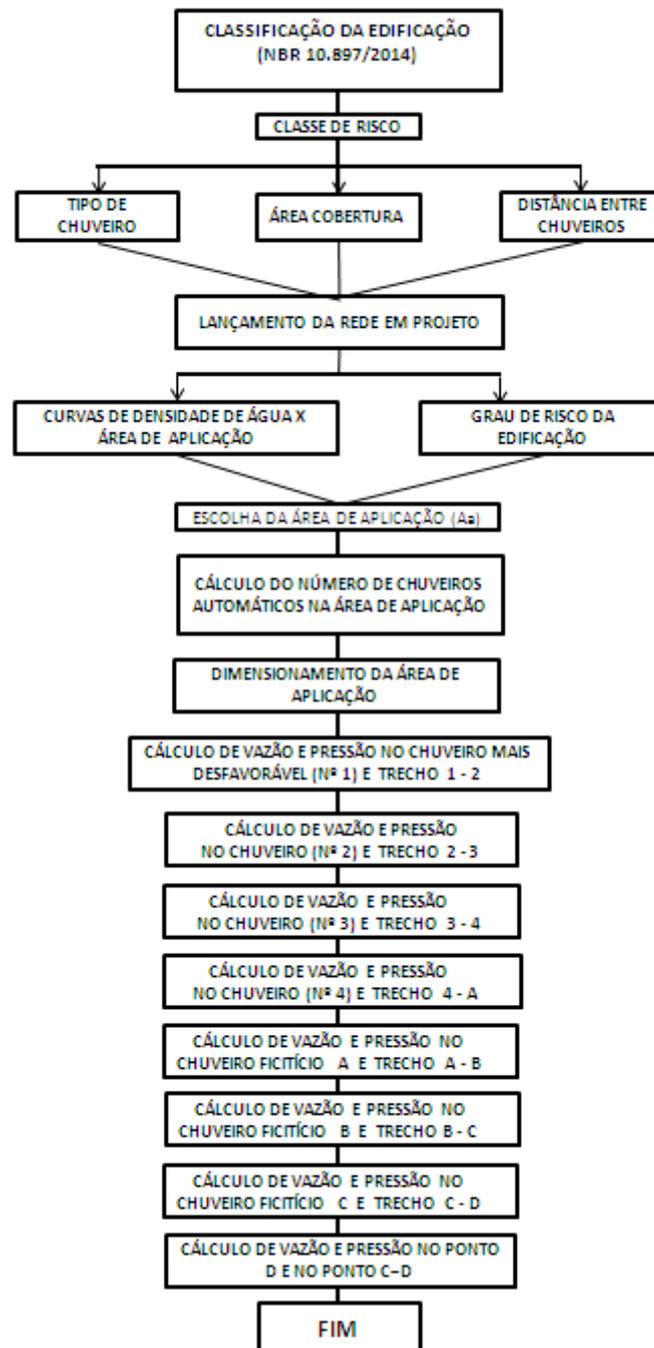


(fonte: ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2014)

## 7.4 DIMENSIONAMENTO POR CÁLCULO HIDRÁULICO

O dimensionamento por cálculo hidráulico segue o fluxograma abaixo:

Figura 21–Fluxograma para cálculo hidráulico



(fonte:elaborado pelo autor)

O dimensionamento por cálculo hidráulico também necessita que se classifique a edificação quanto à ocupação (neste trabalho as edificações foram classificadas de Risco Ordinário – Grupo II) .

Analogamente, ao cálculo de dimensionamento por tabela, define-se o chuveiro automático a ser usado (que neste trabalho foi definido como tipo pendente padrão) e desta forma utilizando a tabela 8 (área de cobertura máxima por chuveiro automático e distância máxima entre chuveiros automáticos tipo *spray* de cobertura padrão) obtém-se os dados para efetuar o lançamento dos chuveiros automáticos e sua linha de tubulações construindo o projeto a ser dimensionado.

Convém observar que os espaçamentos entre os chuveiros automáticos serão arbitrados pelo projetista. A otimização do posicionamento dos chuveiros automáticos e da distribuição de ramais e sub ramais vai depender de vários fatores como: interferências existentes na edificação (vigas no teto, aberturas, caminhos indicados pelo projeto arquitetônico, etc.), das orientações da norma, e da competência e experiência do projetista.

#### **7.4.1 Escolha da área de aplicação (Aa)**

O dimensionamento por cálculo hidráulico baseia-se na premissa que apenas os chuveiros automáticos de uma área de aplicação da região mais desfavorável definida na edificação, são suficientes e devem ser acionados simultaneamente para controlar ou extinguir o foco de incêndio.

Com a definição da classe de risco da qual se enquadra a edificação considerada utilizou-se a curva de densidade de água (figura 20) correspondente, para a obtenção da área de aplicação e sua respectiva densidade. Neste trabalho, as edificações se enquadram na classe de risco ordinário grupo II no qual a curva correspondente inicia com uma densidade de área de 8,1mm/min para uma área de 140 m<sup>2</sup>, e no outro extremo 6,1 mm/min para uma área de 370 m<sup>2</sup>.

A escolha do ponto nesta reta é de muita importância devendo o projetista verificar qual o melhor ponto a utilizar para que se obtenha o melhor desempenho e segurança no controle de focos de incêndio. Segundo Brentano (2015, p.561), a definição quanto à escolha do ponto da reta a ser considerado pode ser analisado tomando-se três pontos da curva:

- a) **ponto na parte superior da reta.** Nesta situação tem-se uma área de aplicação grande com uma densidade de água menor. Tem-se um número de chuveiros automáticos maior, a vazão e a pressão menores em cada chuveiro automático, embora a vazão total sobre toda a área de aplicação seja bem maior;
- b) **ponto na parte média da reta.** Nesta situação, tem-se uma área de aplicação menor, uma densidade de água maior, um número menor de chuveiros automáticos com vazão maior que a situação anterior com um volume de água necessário menor. A escolha do ponto médio é utilizada por alguns projetistas;
- c) **ponto na parte inferior da reta.** A escolha deste ponto em alta densidade de água em área de aplicação bem menor, necessitando maiores pressões e diâmetros para as canalizações e menor volume final de água. A ação da água sobre o fogo é a mais eficaz das três opções. O ponto inferior da reta é o escolhido, geralmente, pelos projetistas.

Assim a área de aplicação ( $A_a$ ) considerada neste trabalho foi igual a  $140 \text{ m}^2$ , e a densidade de água ( $D_a$ ) será respectivamente  $8,1 \text{ l/min/m}^2$ .

#### 7.4.2 Número de sprinklers na área de aplicação ( $N_{ch}$ )

O número de chuveiros automáticos na área de aplicação pode ser calculado pela fórmula 7:

(fórmula 7)

$$N_{ch} = \frac{A_a}{A_c}$$

Sendo:

$N_{ch}$  = Número de chuveiros automáticos na área de aplicação

$A_a$  = Área de aplicação da área mais desfavorável ( $\text{m}^2$ )

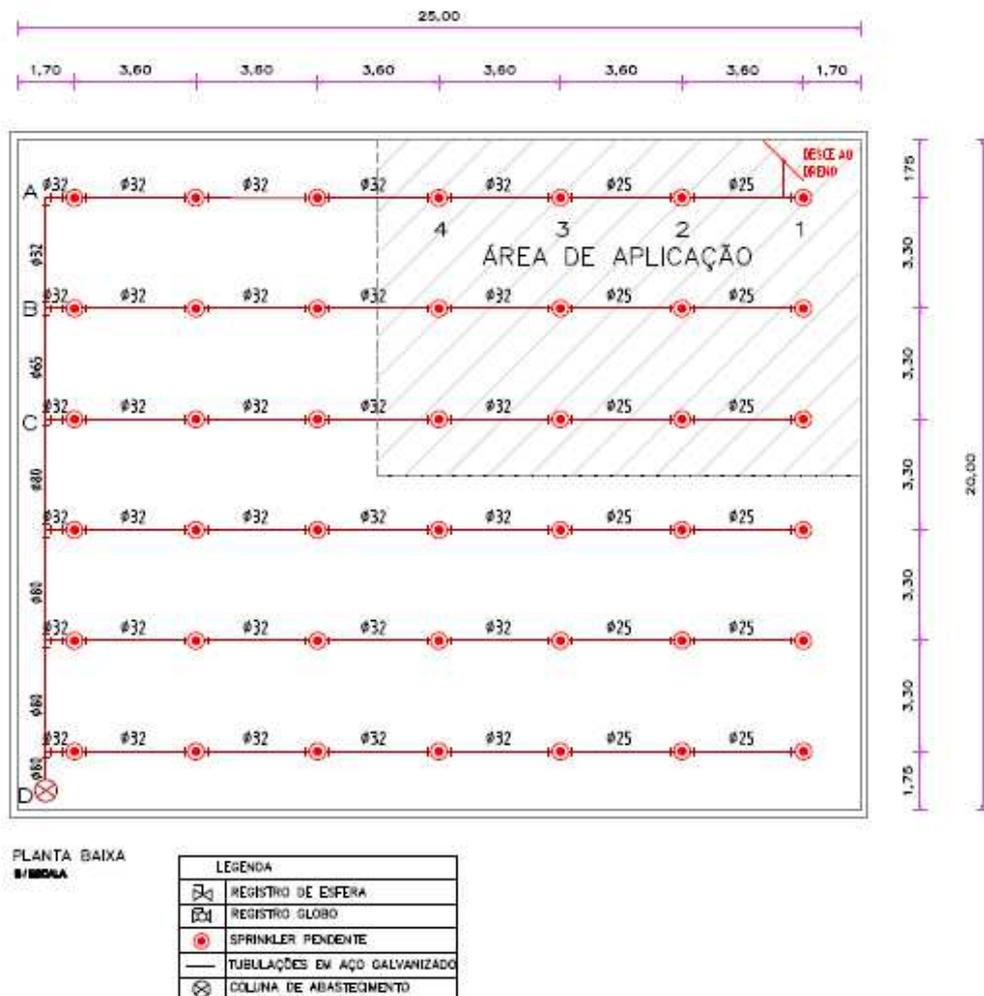
$A_c$  = Área de cobertura de cada chuveiro automático ( $\text{m}^2$ )

Assim com a área de aplicação ( $A_a$ ) igual a  $140 \text{ m}^2$  (figura 20) e a área de cobertura de um chuveiro automático tipo pendente de cobertura padrão (tabela 8) igual a  $12,1 \text{ m}^2$ , foi obtido o número de chuveiros automáticos igual a 12 unidades.

### 7.4.3 Dimensionamento da área de aplicação

A área de aplicação foi definida de forma retangular e nos sistemas projetados se encontra na região indicada na figura 21.

Figura 22–Área de Aplicação



(fonte: elaborado pelo autor)

O lado maior da área de aplicação é paralelo aos sub-ramais, sendo 20% maior que o lado perpendicular, conforme obtido pela fórmula 8:

(fórmula 8)

$$Lm = 1,2\sqrt{Aa}$$

Sendo:

Lm = Lado maior da área de aplicação (m)

Aa = Área de aplicação da área mais desfavorável (m<sup>2</sup>)

Desta forma com a área de aplicação (Aa) igual a 140 m<sup>2</sup> (figura 20) foi obtido o lado maior da área de aplicação de 14,20 m e, conseqüentemente, o lado menor desta área retangular foi de 9,86 m.

Convém observar que esta forma expedita de cálculo serve para auxiliar o projetista a definir esta área retangular de aplicação, podendo ocorrer pequenas variações nas dimensões como forma de melhor adequação no projeto.

O espaçamento entre chuveiros automáticos adequado fica entre 3,60 m a 3,70 m e o espaçamento entre sub-ramais fica entre 3,20 m e 3,30 m. Com estes valores foi atingida uma área de cobertura menor que 12 m<sup>2</sup> (definido por norma para este tipo de ocupação de risco (Ordinário – Grupo II).

Assim, tomando um espaçamento entre chuveiro de 3,60 m foi calculado o número de chuveiros no sub-ramal pela fórmula 9 abaixo:

(fórmula 9)

$$NLm = \frac{Lm}{e}$$

Sendo:

NLm = Número de chuveiros no lado maior

Lm = Lado maior da área de aplicação (m)

e = espaçamento entre os chuveiros (m)

Com valor do lado maior da área de aplicação de 14,20 m e o espaçamento de 3,60 m entre chuveiros foi obtido o número de 4 (quatro) chuveiros que deverão ser alocados neste ramal.

E com o espaçamento de entre ramais de 3,30 m foi definido o projeto de alocação dos chuveiros automáticos na área de aplicação (figura 21).

Assim, foi encontrada uma área de cobertura real de projeto de 11,88 m<sup>2</sup>, que é menor que o especificado em norma (12,1 m<sup>2</sup>) vindo ao encontro de uma maior segurança no cálculo.

#### 7.4.4 Vazão e pressão no chuveiro mais desfavorável (nº1)

O chuveiro mais desfavorável da área de aplicação anotado no projeto por chuveiro nº1 (figura 21) tem sua vazão calculada pela fórmula 10 abaixo:

(fórmula 10)

$$Q1 = Da \cdot Acr$$

Sendo:

Q1=Vazão no chuveiro nº1 (l/min)

Da = Densidade de água (l/min.m<sup>2</sup>)

Acr = Área de cobertura real de cada chuveiro automático (m<sup>2</sup>)

Neste caso, com a densidade de água de 8,1 l/min.m<sup>2</sup> (figura 20) e com a área real projetada de cada chuveiro automático na área de aplicação foi obtido 96,23 l/min de vazão. Esta será a vazão mínima no sistema, ou seja, indica o chuveiro mais desfavorável do projeto e cuja pressão pode ser calculada pela fórmula 1, tendo como fator K de descarga para o chuveiro automático de DN 15 (tabela 2) o valor de 8,0 l/min/kPa<sup>1/2</sup> que confere um valor de pressão neste bico (P1) de 144,7 kPa. Valor que esta acima da pressão mínima de um chuveiro automático que é de 48 kPa .

A NBR 10897 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2014, p.84) fornece, também, os limites de pressão que um chuveiro automático pode ser submetido:

[...] A mínima pressão de operação de qualquer chuveiro automático deve ser de 48 kPa a menos que ensaios específicos recomendem uma pressão mínima de operação mais alta para a aplicação em questão;

[...] Em áreas de risco extra ou extraordinários, a máxima pressão de operação de qualquer chuveiro automático deve ser de 1210 kPa.

Poderia ser usado outro fator K para DN 15, conforme a norma (tabela 2) no valor de 11,2 l/min/kPa<sup>1/2</sup> que proporcionaria uma pressão de 73,82 kPa que ainda assim estaria acima da pressão mínima, porém de pressão inferior ao valor anterior.

Optou-se pelo chuveiro automático de fator K de 8,0 l/min/kPa<sup>1/2</sup> que confere uma maior pressão de trabalho. Logo, obtem-se P1= 144,7 kPa e Q1= 96,23 l/min no chuveiro automático nº1.

### 7.4.5 Dimensionamento do trecho 2-1

Para obter-se o dimensionamento do trecho 2-1 (indica o trecho entre o chuveiro nº 1 e o chuveiro nº 2) é necessário calcular a vazão do trecho que é a mesma do chuveiro nº 1 já calculada, ou seja, a vazão no trecho será: Q21=96,23 l/min ou Q21= 0,0016 m<sup>3</sup>/s.

O dimensionamento da tubulação faz-se com a utilização da fórmula de Forchheimer:

$$D = 1,3 \cdot \sqrt{Q} \cdot \sqrt[4]{X}$$

(fórmula 11)

Sendo:

D = Diâmetro da tubulação (m)

Q = Vazão (m<sup>3</sup>/s)

X = Número de horas de funcionamento da bomba /24horas.

Encontrado o diâmetro, adota-se o diâmetro comercial mais próximo.

Foi adotado que a bomba trabalhara 1 h a cada 24 horas do dia e assim foi obtido o valor do diâmetro do trecho 2-1 em D21=23,63 mm o que nos leva a um diâmetro comercial de DN 25 mm.

Foi calculado a velocidade do trecho pela equação da continuidade pela fórmula 12:

$$v = \frac{Q}{A}$$

(fórmula 12)

Sendo:

$v$  = Velocidade do escoamento (m/s)

$Q$  = Vazão (m<sup>3</sup>/s)

$A$  = Área (m<sup>2</sup>)

Com a vazão do trecho  $Q_{21} = 0,0016$  m<sup>3</sup>/s e a área interna da tubulação de aço galvanizado de DN 25 cujo valor é de 30,4 mm<sup>2</sup> foi obtido uma velocidade de  $v = 2,22$  m/s que fica abaixo da velocidade considerada adequada que é de  $v = 6,0$  m/s.

#### 7.4.6 Vazão e pressão no chuveiro (nº2)

Para o cálculo da vazão no chuveiro automático nº2 é necessário efetuar o cálculo da perda de carga, através da equação de *Hazen-Williams* (fórmula 2), do trecho da tubulação 2-1 (hp21) acrescido das perdas de carga singulares (conexões), e que fornece um valor de:  $hp_{21} = 1,15$  m. Ao adicionar este valor a pressão, já calculada do chuveiro nº1 ( $P_1 = 144,7$  kPa), obtém-se a pressão no chuveiro automático  $P_2 = 156,1$  kPa.

Com esta pressão é calculada a vazão no chuveiro automático nº2, pela fórmula 1, tendo como fator  $K$  de descarga para o chuveiro automático de DN 15 (Tabela 2) o valor de 8,0 l/min/kPa<sup>1/2</sup> que confere um valor de vazão neste bico ( $Q_2$ ) de 99,97. l/min.

#### 7.4.7 Vazão e pressão no chuveiro (nº3) e (nº4)

Analogamente, os chuveiros nº 3 e nº 4 seguem a mesma rotina do chuveiro automático nº2, calculando-se primeiro a pressão disponível no chuveiro automático e, após a vazão cujos valores são sempre crescentes à medida que se aproximam da bomba.

Os cálculos estão executados em uma planilha de cálculo na tabela 16 e na tabela 17 deste trabalho, e os valores finais são:

$P_3 = 191,71$  kPa e  $Q_3 = 306,97$  l/min

$P_4 = 217,02$  kPa e  $Q_4 = 424,82$  l/min

Convém ressaltar que as velocidades nos trechos 2-3 e 3-4 foram aproximadas ao valor limite ( $v=6,0$  m/s), para uma melhor otimização no dimensionamento das tubulações cujos valores obtidos respectivamente foram:  $v_{23}=4,52$  m/s e  $v_{34}= 4,27$  m/s. Com estes dados foram obtidos os respectivos diâmetros dos trechos: DN 25 para o trecho 2-3 e DN 32 para o trecho 3-4.

#### 7.4.8 Vazão e pressão nos chuveiros fictícios

Neste ponto do projeto, foi efetuado um artifício de cálculo para simplificar e tornar mais rápido o processo. Segundo Brentano (2015, p.613) o processo é definido como:

- a) no **ponto A** considera-se que tenha um chuveiro automático fictício, que tem a soma das vazões dos quatro chuveiros automáticos do sub-ramal “I” localizado na área de aplicação;
- b) no **ponto B** considera-se que tenha outro chuveiro automático fictício, que tem a soma das vazões dos quatro chuveiros automáticos do sub-ramal “II” localizados na área de aplicação;
- c) no **ponto C** considera-se que tenha outro chuveiro automático fictício, que tem a soma das vazões dos quatro chuveiros automáticos do sub-ramal “II” localizados na área de aplicação;

No ponto A, onde se encontra o chuveiro fictício, o trecho de A até o chuveiro automático nº4 é considerado como trecho com tubulação reta, sem conexões ou bicos instalados.

Logo, necessita-se calcular para este chuveiro fictício A o fator de descarga K (fórmula 1), com os valores de pressão e vazão do trecho 4-A (analogamente ao calculado no trecho 2-3 ).

A partir deste cálculo o ponto B e C e o trecho C-D são calculados com a mesma rotina com os resultados obtidos na planilha contida na tabela 16 e na tabela 17, e tendo por vazões  $Q_{4-A}= 424,82$  l/min,  $Q_{A-B}=424,82$  l/min,  $Q_{B-C}=1151,50$  l/min e  $Q_{C-D}=1783,30$  l/min. Em suma, os dimensionamento para o trecho 4-A, A-B, B-C e C-D são respectivamente DN 32, DN 32, DN 65 e DN 80.

Os cálculos hidráulicos foram desenvolvidos em duas planilhas (1ª parte e 2ª parte):

Tabela 16– Planilha de cálculo hidráulico–1ª parte

PLANILHA DE CÁLCULO HIDRÁULICO						1ª Parte				ÁREA: 672 m²			
Chuveiro Automático	Trecho Reto	Pressão no Chuveiro	Área de cobertura Real de Projeto			Pressão no chuveiro automático				Vazão (Q)			
			Largura	Comp.	Área	Pressão		Verificação da pressão		Fator de Vazão (K)	Chuveiro Automático Q=K√P	No trecho	Conversão da vazão
								Pressão Min. por	Condição				
			mca	m	m	m²	mca	kPa	mca		l/min/kPa <sup>1/2</sup>	l/min	l/min
1		14,5	3,3	3,6	11,88	14,47	144,7	5	OK		96,23		0,0016
	2-1											96,23	0,0016
2						15,61	156,1	5	OK		99,97		
	3-2											196,20	0,0033
3						19,17	191,7	5	OK		110,77		
	4-3											306,97	0,0051
4						21,70	217	5	OK		117,85		
	A-4											424,82	0,0071
<b>Fictício</b>													
A						36,50	365	5	OK	28,41	542,67		
	B-A											424,82	0,0071
B						45,94	459,4	5	OK		608,83		
	C-B											1151,50	0,0192
C						49,47	494,7	5	OK		631,80		
	D-C											1783,30	0,0297

(fonte: elaborado pelo autor)

Tabela 17– Planilha de cálculo hidráulico–2ª parte

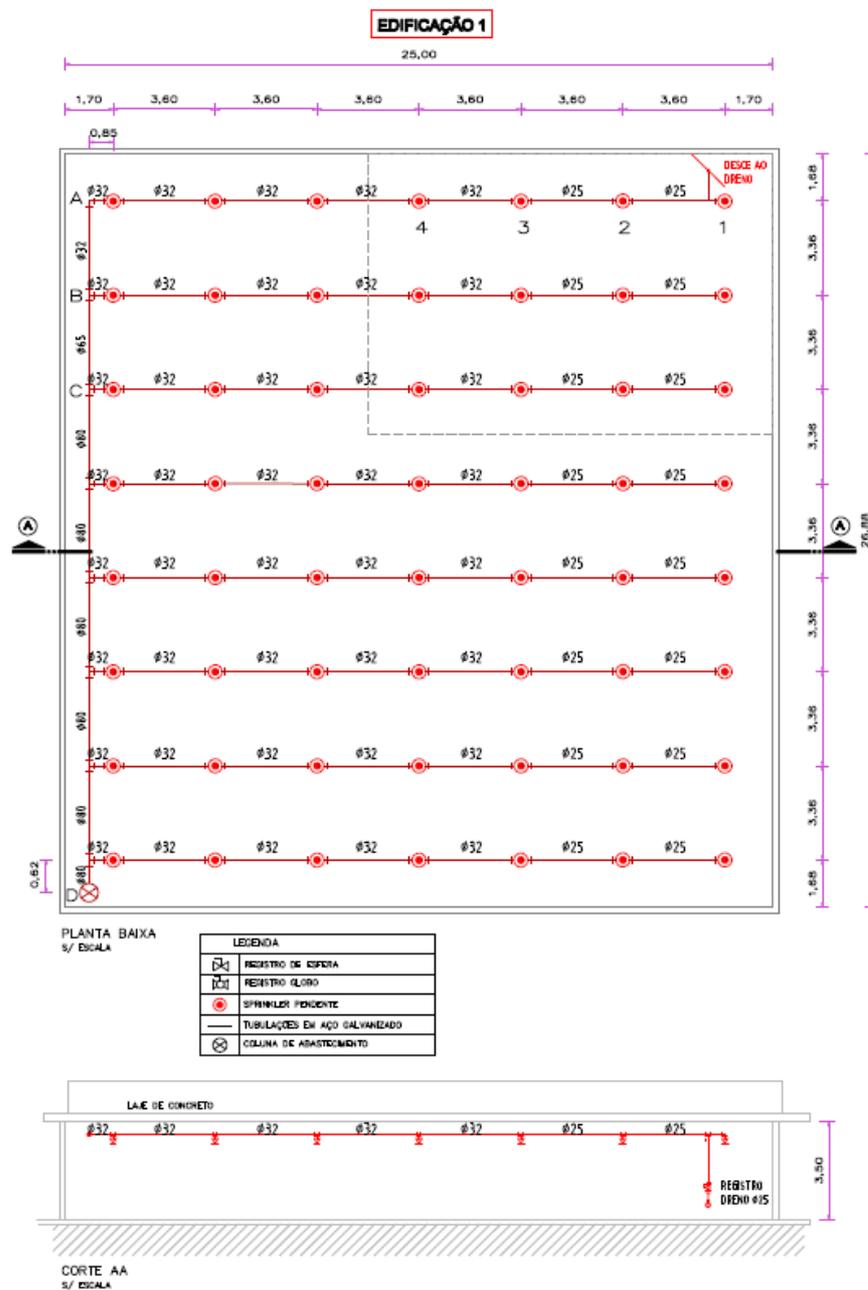
PLANILHA DE CÁLCULO HIDRÁULICO													2ª Parte		ÁREA: 672 m²			
Chuveiro Automático	Trecho Reto	Diâmetro Interno (Classe Média) NBR 5580/2007							Velocidade (V)				Perda de carga (hp)					
		Calculado	Adotado						Calculada	Verificação da velocidade		Tubulações		Conexões			Perda de carga no trecho (hp)	
			Nominal	Externo	Espessura	Interno	Velocidade Max.	S/N		Qte	Sub-Total	Tipo	Comprimento Equivalente					
		mm	mm	Pol.	mm	mm	mm	m	m/s	m/s			m	m	m	Qte	Sub-Total	Total
1	2-1	23,63	25	1"	33,70	3,35	30,4	0,0304	2,22	6,00	OK	3,6	3,6	Joelho de 90° de 25 mm	0,94	0,94	4,54	1,15
2	3-2	33,74	25	1"	33,70	3,35	30,4	0,0304	4,52	6,00	OK	3,6	3,6	Tê passagem direta 25 mm	0,17	0,17	3,77	3,56
3	4-3	42,20	32	1.1/4"	42,40	3,35	39,05	0,0391	4,27	6,00	OK	3,6	3,6	Tê passagem direta 32 mm	0,21	0,21	4,00	2,53
														Bucha de redução 32 x 25mm	0,19	0,19		
4	A-4	49,65	32	1.1/4"	42,40	3,35	39,05	0,0391	5,91	6,00	OK	3,6	3,6	Joelho de 90° de 32 mm	1,17	1,17	12,82	14,80
												3,6	11,65					
												3,6						
												0,9						
Fictício A	B-A	49,65	32	1.1/4"	42,40	3,35	39,05	0,0391	5,91	6,00	OK	3,36	3,36	Tê passagem indireta 65 mm	4,2	4,2	8,18	9,44
														Bucha de redução 65 x 32mm	0,3	0,3		
														Bucha de redução 65 x 32mm	0,3	0,3		
B	C-B	81,73	65	2.1/2"	76,10	3,75	72,35	0,0724	4,67	6,00	OK	3,36	3,36	Tê passagem indireta 80 mm	4,99	4,99	9,75	3,53
														Bucha de redução 80 x 65mm	0,75	0,75		
														Bucha de redução 80 x 50mm	0,65	0,65		
C	D-C	101,72	80	3"	88,9	4,00	84,90	0,0849	5,25	6,00	OK							

(fonte: elaborado pelo autor)

## 8 PROJETOS DE EDIFICAÇÕES POR CÁLCULO HIDRÁULICO

Os projetos das edificações e seus dimensionamentos executados por cálculo hidráulico abaixo, definem tamanhos de tubulações e conexões necessárias, definidos nas figuras 22 a 30.

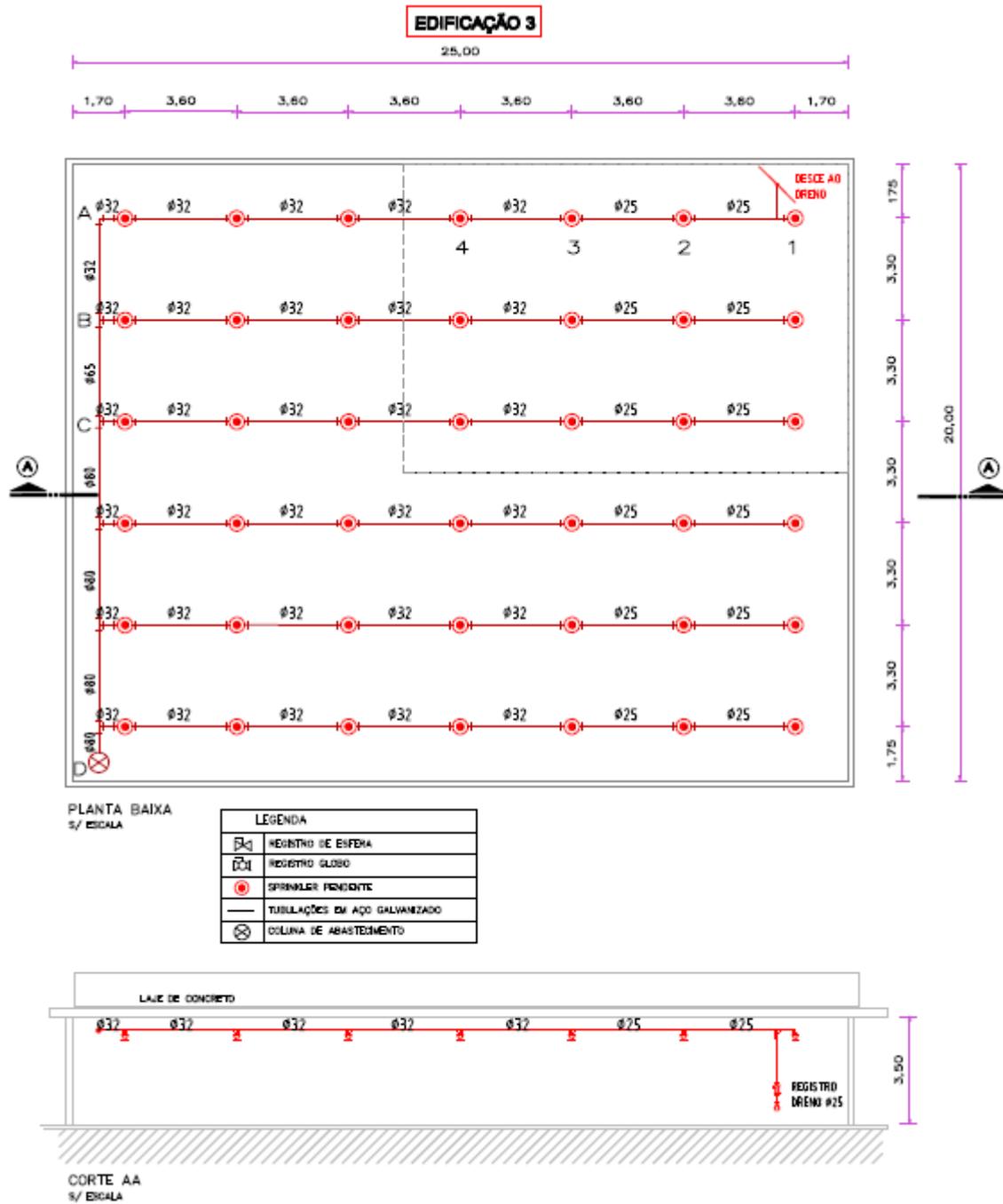
Figura 23–Dimensionamento por cálculo hidráulico (edificação 1)



(fonte: elaborado pelo autor)



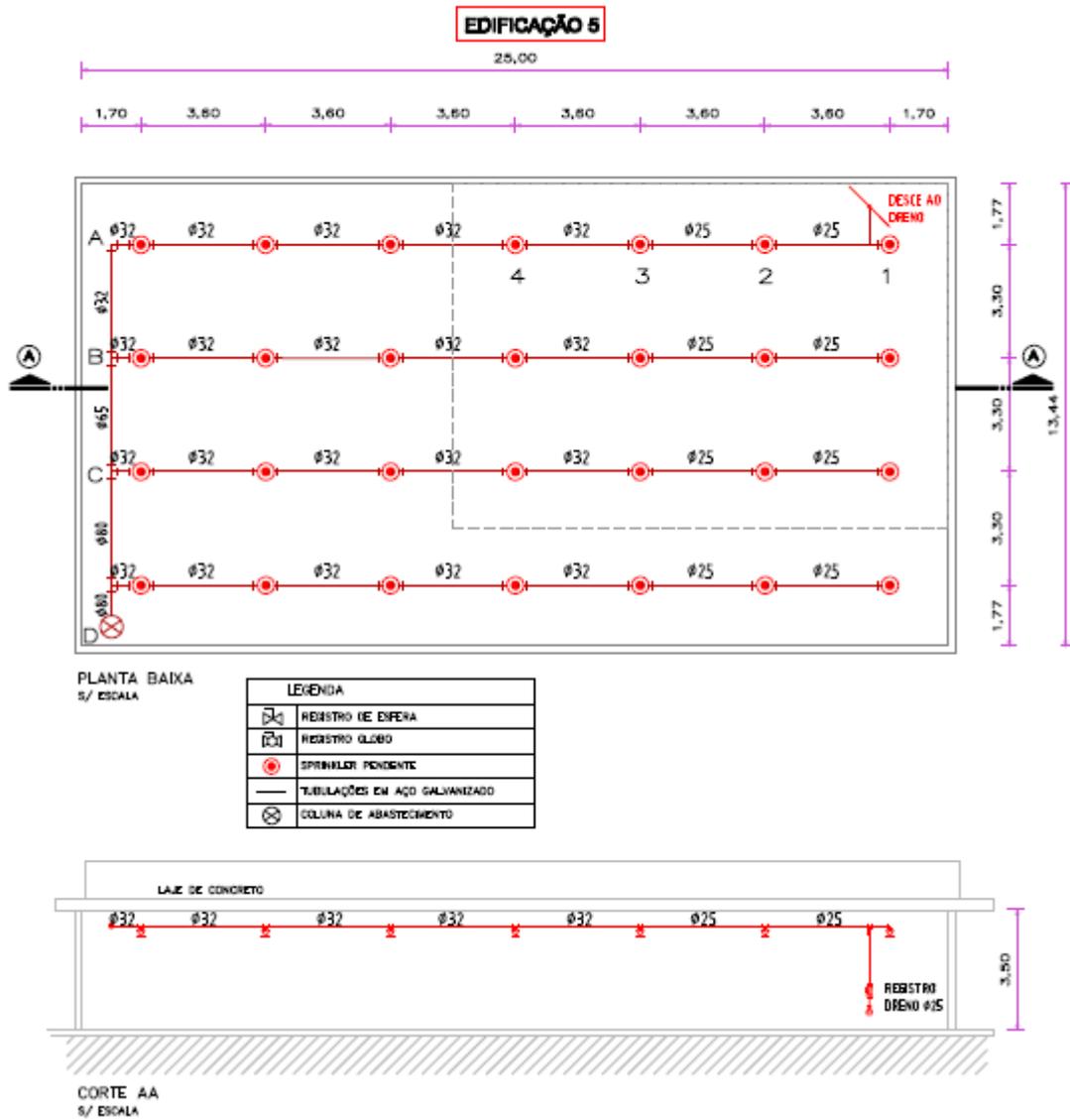
Figura 25–Dimensionamento por cálculo hidráulico (edificação 3)



(fonte: elaborado pelo autor)

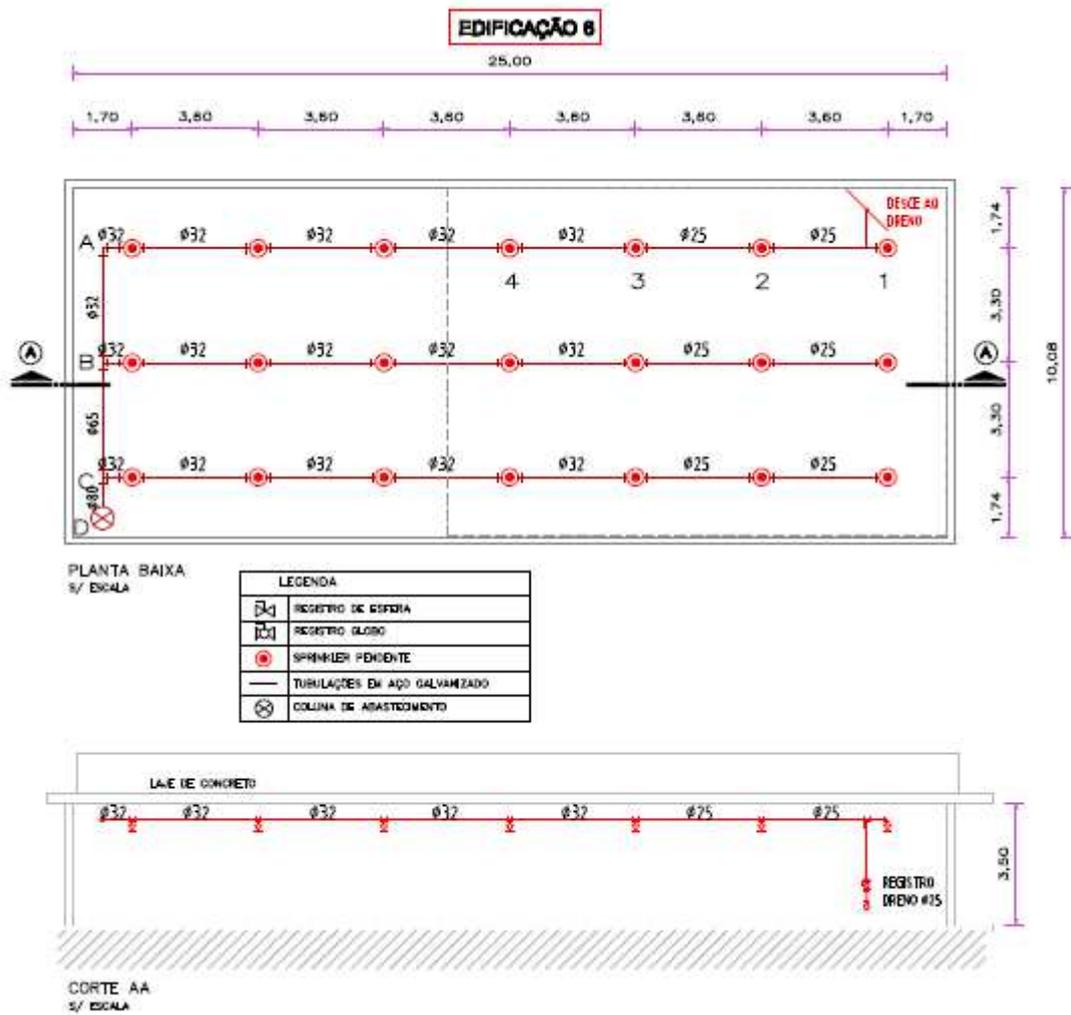


Figura 27–Dimensionamento por cálculo hidráulico (edificação 5)



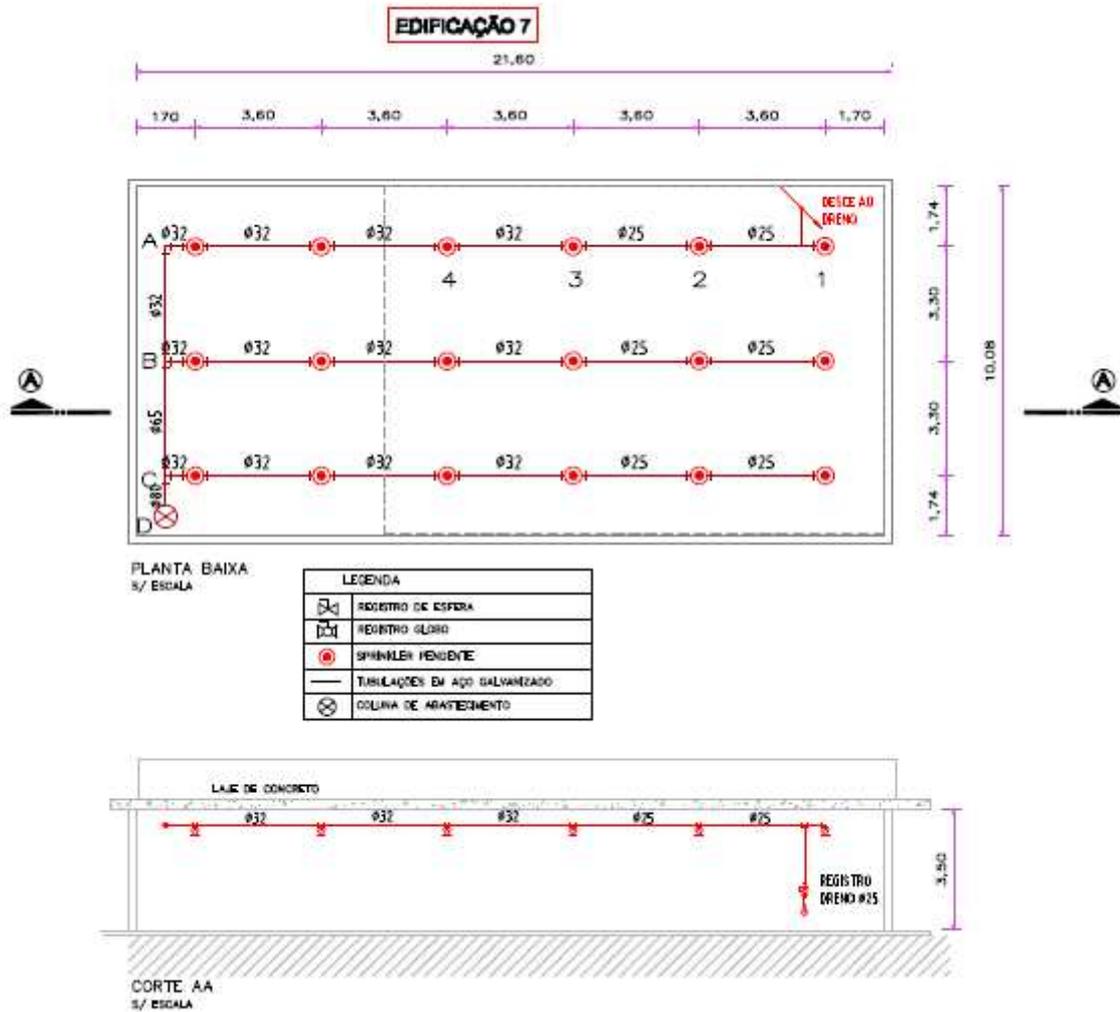
(fonte: elaborado pelo autor)

Figura 28–Dimensionamento por cálculo hidráulico (edificação 6)



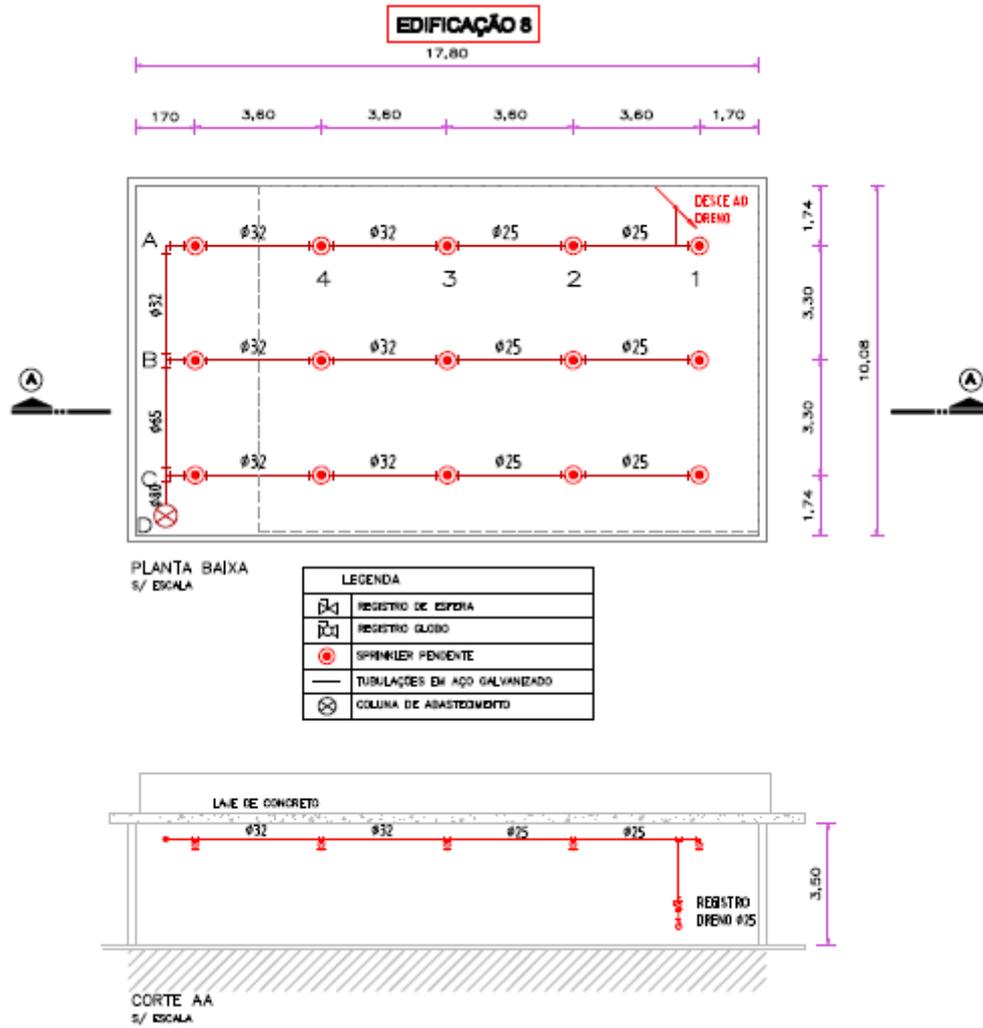
(fonte: elaborado pelo autor)

Figura 29–Dimensionamento por cálculo hidráulico (edificação 7)



(fonte: elaborado pelo autor)

Figura 30–Dimensionamento por cálculo hidráulico (edificação 8)



(fonte: elaborado pelo autor)



## **9. ANÁLISE DE CUSTOS ENTRE MÉTODOS DE PROJETO**

Com os projetos elaborados e devidamente dimensionados, foram elaboradas as planilhas de custos de cada edificação, apresentadas, respectivamente, da seguinte forma: tabela de custo dimensionada por tabelas normatizadas e tabela de custo por cálculo hidráulico (tabelas 18 a 34). Os preços de mercado de tubulações e conexões foram fornecidos pela empresa Madri Comércio de Ferro e Aço Ltda, localizada na cidade de Porto Alegre (Anexo A).

Tabela 18– Custo do projeto por tabelas –edificação 1

Edificação 1								
Material Galvanizado	Diâmetro Nominal		Cálculo por Tabela					
			Material			Custo		
	DN	Polegada	Nº	Qte	Total	(und)	(R\$/und)	Total (R\$)
Tubo	25	1"	16	3,60	57,6	m	2,23	R\$ 128,45
	32	1. 1/4"	8	3,60	28,8	m	21,62	R\$ 622,66
	40	1. 1/2"	16	3,60	57,6	m	27,91	R\$ 1.607,62
	50	2"	8	3,60	28,8	m	35,35	R\$ 1.018,08
			1	3,36	3,36	m	35,35	R\$ 118,78
			8	0,85	6,80	m	35,35	R\$ 240,38
	65	2.1\2"	1	3,36	3,36	m	50,14	R\$ 168,47
	80	3"	3	3,36	10,08	m	58,94	R\$ 594,12
	100	4"	2	3,36	6,72	m	85,30	R\$ 573,22
1			0,62	0,62	m	85,30	R\$ 52,89	
Tê	25	1"	8	1	8	pç	10,61	R\$ 84,88
	32	1. 1/4"	8	1	8	pç	16,69	R\$ 133,52
	40	1. 1/2"	16	1	16	pç	20,81	R\$ 332,96
	50	2"	16	1	16	pç	37,59	R\$ 601,44
	65	2.1\2"	1	1	1	pç	60,15	R\$ 60,15
	80	3"	3	1	3	pç	78,69	R\$ 236,07
	100	4"	3	1	3	pç	149,35	R\$ 448,05
Joelho 90°	25	1"	8	1	8	pç	7,31	R\$ 58,48
	50	2"	1	1	1	pç	25,69	R\$ 25,69
Bucha de redução	32x 25	1. 1/4" x 1"	16	1	16	pç	7,31	R\$ 116,96
	40 x 32	1. 1/2" x 1.1/4"	8	1	8	pç	11,02	R\$ 88,16
	40x 25	1. 1/2" x 1"	16	1	16	pç	11,02	R\$ 176,32
	50 x 40	2" x 1.1/2"	8	1	8	pç	14,21	R\$ 113,68
	50 x 25	2" x 1"	16	1	16	pç	14,21	R\$ 227,36
	65 x 50	2.1\2" x 2"	2	1	2	pç	21,22	R\$ 42,44
	80 x 65	3" x 2.1/2"	1	1	1	pç	30,08	R\$ 30,08
	80 x 50	3" x 2"	3	1	3	pç	31,93	R\$ 95,79
	100 x 80	4" x 3"	1	1	1	pç	57,68	R\$ 57,68
	100 x 50	4" x 2"	3	1	3	pç	57,68	R\$ 173,04
Válvula esfera	100	4"	1	1	1	pç	677,00	R\$ 677,00
TOTAL								R\$ 8.904,39

(fonte: elaborado pelo autor)

Tabela 19– Custo do projeto por cálculo hidráulico– edificação 1

Edificação 1								
Material Galvanizado	Diâmetro Nominal		Cálculo Hidráulico					
			Material			Custo		
	DN	Polegada	Nº	Qte	Total	(und)	(R\$/und)	Total (R\$)
Tubo	25	1"	16	3,60	57,6	m	2,23	R\$ 128,45
	32	1. 1/4"	32	3,60	115,2	m	21,62	R\$ 2.490,62
			8	0,85	6,8	m	21,62	R\$ 147,02
			1	3,36	3,36	m	21,62	R\$ 72,64
	65	2.1\2"	1	3,36	3,36	m	50,14	R\$ 168,47
	80	3"	5	3,36	16,8	m	58,94	R\$ 990,19
1			0,62	0,62	m	58,94	R\$ 36,54	
Tê	25	1"	8	1	8	pç	10,61	R\$ 84,88
	32	1. 1/4"	40	1	40	pç	16,69	R\$ 667,60
	65	2.1\2"	1	1	1	pç	60,15	R\$ 60,15
	80	3"	6	1	6	pç	78,69	R\$ 472,14
Joelho 90°	25	1"	8	1	8	pç	7,31	R\$ 58,48
	32		1	1	1	pç	11,64	R\$ 11,64
Bucha de redução	32x 25	1. 1/4" x 1"	48	1	48	pç	7,31	R\$ 350,88
	65 x 32	2.1\2" x 2"	2	1	2	pç	21,22	R\$ 42,44
	80 x 32	3" x 1.1/4"	6	1	6	pç	21,22	R\$ 127,32
	80 x 65	3" x 2.1/2"	1	1	1	pç	30,08	R\$ 30,08
Válvula esfera	80	3"	1	1	1	pç	419,00	R\$ 419,00
<b>TOTAL</b>								<b>R\$ 6.358,55</b>

(fonte: elaborado pelo autor)

Tabela 20– Custo do projeto por tabelas – edificação 2

Edificação 2								
Material Galvanizado	Diâmetro Nominal		Cálculo por Tabela					
			Material			Custo		
	DN	Polegada	Nº	Qte	Total	(und)	(R\$/und)	Total (R\$)
Tubo	25	1"	14	3,60	50,4	m	2,23	R\$ 112,39
	32	1. 1/4"	7	3,60	25,2	m	21,62	R\$ 544,82
	40	1. 1/2"	14	3,60	50,4	m	27,91	R\$ 1.406,66
	50	2"	7	3,60	25,2	m	35,35	R\$ 890,82
			1	3,30	3,30	m	35,35	R\$ 116,66
			7	0,85	5,95	m	35,35	R\$ 210,33
	65	2.1\2"	1	3,30	3,30	m	50,14	R\$ 165,46
	80	3"	3	3,30	9,9	m	58,94	R\$ 583,51
	100	4"	1	3,30	3,3	m	85,30	R\$ 281,49
			1	0,62	0,62	m	85,30	R\$ 52,89
Tê	25	1"	7	1	7	pç	10,61	R\$ 74,27
	32	1. 1/4"	7	1	7	pç	16,69	R\$ 116,83
	40	1. 1/2"	14	1	14	pç	20,81	R\$ 291,34
	50	2"	14	1	14	pç	37,59	R\$ 526,26
	65	2.1\2"	1	1	1	pç	60,15	R\$ 60,15
	80	3"	3	1	3	pç	78,69	R\$ 236,07
	100	4"	2	1	2	pç	149,35	R\$ 298,70
Joelho 90°	25	1"	7	1	7	pç	7,31	R\$ 51,17
	50	2"	1	1	1	pç	25,69	R\$ 25,69
Bucha de redução	32x 25	1. 1/4" x 1"	14	1	14	pç	7,31	R\$ 102,34
	40 x 32	1. 1/2" x 1.1/4"	7	1	7	pç	11,02	R\$ 77,14
	40x 25	1. 1/2" x 1"	14	1	14	pç	11,02	R\$ 154,28
	50 x 40	2" x 1.1/2"	7	1	7	pç	14,21	R\$ 99,47
	50 x 25	2" x 1"	14	1	14	pç	14,21	R\$ 198,94
	65 x 50	2.1\2" x 2"	2	1	2	pç	21,22	R\$ 42,44
	80 x 65	3" x 2.1/2"	1	1	1	pç	30,08	R\$ 30,08
	80 x 50	3" x 2"	2	1	2	pç	31,93	R\$ 63,86
	100 x 80	4" x 3"	1	1	1	pç	57,68	R\$ 57,68
	100 x 50	4" x 2"	2	1	2	pç	57,68	R\$ 115,36
Válvula esfera	100	4"	1	1	1	pç	677,00	R\$ 677,00
<b>TOTAL</b>								<b>R\$ 7.664,10</b>

(fonte: elaborado pelo autor)

Tabela 21– Custo do projeto por cálculo hidráulico –edificação 2

Edificação 2								
Material Galvanizado	Diâmetro Nominal		Cálculo Hidráulico					
			Material			Custo		
	DN	Polegada	Nº	Qte	Total	(und)	(R\$/und)	Total (R\$)
Tubo	25	1"	14	3,60	50,4	m	2,23	R\$ 112,39
	32	1. 1/4"	28	3,60	100,8	m	21,62	R\$ 2.179,30
			6	0,85	5,1	m	21,62	R\$ 110,26
			1	3,30	3,30	m	21,62	R\$ 71,35
	65	2.1\2"	1	3,30	3,30	m	50,14	R\$ 165,46
	80	3"	4	3,30	13,2	m	58,94	R\$ 778,01
1			0,62	0,62	m	58,94	R\$ 36,54	
Tê	25	1"	7	1	7	pç	10,61	R\$ 74,27
	32	1. 1/4"	35	1	35	pç	16,69	R\$ 584,15
	65	2.1\2"	1	1	1	pç	60,15	R\$ 60,15
	80	3"	5	1	5	pç	78,69	R\$ 393,45
Joelho 90°	25	1"	7	1	7	pç	7,31	R\$ 51,17
	32		1	1	1	pç	11,64	R\$ 11,64
Bucha de redução	32x 25	1. 1/4" x 1"	42	1	42	pç	7,31	R\$ 307,02
	65 x 32	2.1\2" x 2"	2	1	2	pç	21,22	R\$ 42,44
	80 x 32	3" x 1.1/4"	5	1	5	pç	21,22	R\$ 106,10
	80 x 65	3" x 2.1/2"	1	1	1	pç	30,08	R\$ 30,08
Válvula esfera	80	3"	1	1	1	pç	419,00	R\$ 419,00
<b>TOTAL</b>								<b>R\$ 5.532,78</b>

(fonte: elaborado pelo autor)

Tabela 22– Custo do projeto por tabelas – edificação 3

Edificação 3								
Material Galvanizado	Diâmetro Nominal		Cálculo por Tabela					
			Material			Custo		
	DN	Polegada	Nº	Qte	Total	(und)	(R\$/und)	Total (R\$)
Tubo	25	1"	12	3,60	43,20	m	2,23	R\$ 96,34
	32	1. 1/4"	6	3,60	21,60	m	21,62	R\$ 466,99
	40	1. 1/2"	12	3,60	43,20	m	27,91	R\$ 1.205,71
	50	2"	6	3,60	21,60	m	35,35	R\$ 763,56
			1	3,30	3,30	m	35,35	R\$ 116,66
			6	0,85	5,10	m	35,35	R\$ 180,29
	65	2.1\2"	1	3,30	3,30	m	50,14	R\$ 165,46
			2	3,30	6,60	m	52,14	R\$ 344,12
	100	4"	1	3,30	3,30	m	85,30	R\$ 281,49
			1	0,62	0,62	m	85,30	R\$ 52,89
Tê	25	1"	6	1	6	pç	10,61	R\$ 63,66
	32	1. 1/4"	6	1	6	pç	16,69	R\$ 100,14
	40	1. 1/2"	12	1	12	pç	20,81	R\$ 249,72
	50	2"	12	1	12	pç	37,59	R\$ 451,08
	65	2.1\2"	1	1	1	pç	60,15	R\$ 60,15
	80	3"	2	1	2	pç	78,69	R\$ 157,38
	100	4"	2	1	2	pç	149,35	R\$ 298,70
Joelho 90°	25	1"	6	1	6	pç	7,31	R\$ 43,86
	50	2"	1	1	1	pç	25,69	R\$ 25,69
Bucha de redução	32x 25	1. 1/4" x 1"	12	1	12	pç	7,31	R\$ 87,72
	40 x 32	1. 1/2" x 1.1/4"	6	1	6	pç	11,02	R\$ 66,12
	40x 25	1. 1/2" x 1"	12	1	12	pç	11,02	R\$ 132,24
	50 x 40	2" x 1.1/2"	6	1	6	pç	14,21	R\$ 85,26
	50 x 25	2" x 1"	12	1	12	pç	14,21	R\$ 170,52
	65 x 50	2.1\2" x 2"	2	1	2	pç	21,22	R\$ 42,44
	80 x 65	3" x 2.1/2"	1	1	1	pç	30,08	R\$ 30,08
	80 x 50	3" x 2"	2	1	2	pç	30,08	R\$ 60,16
	100 x 80	4" x 3"	1	1	1	pç	57,68	R\$ 57,68
	100 x 50	4" x 2"	2	1	2	pç	57,68	R\$ 115,36
Válvula esfera	100	4"	1	1	1	pç	677,00	R\$ 677,00
TOTAL								R\$ 6.648,46

(fonte: elaborado pelo autor)

Tabela 23– Custo do projeto por cálculo hidráulico–edificação 3

Edificação 3								
Material Galvanizado	Diâmetro Nominal		Cálculo Hidráulico					
			Material			Custo		
	DN	Polegada	Nº	Qte	Total	(und)	(R\$/und)	Total (R\$)
Tubo	25	1"	12	3,60	43,2	m	2,23	R\$ 96,34
	32	1. 1/4"	24	3,60	86,4	m	21,62	R\$ 1.867,97
			6	0,85	5,1	m	21,62	R\$ 110,26
			1	3,30	3,3	m	21,62	R\$ 71,35
	65	2.1\2"	1	3,3	3,3	m	50,14	R\$ 165,46
	80	3"	2	3,30	6,6	m	58,94	R\$ 389,00
	100	4"	1	0,62	0,62	m	85,30	R\$ 52,89
Tê	25	1"	6	1	6	pç	10,61	R\$ 63,66
	32	1. 1/4"	30	1	30	pç	16,69	R\$ 500,70
	65	2.1\2"	1	1	1	pç	60,15	R\$ 60,15
	80	3"	3	1	3	pç	78,69	R\$ 236,07
	100	4"	1	1	1	pç	149,35	R\$ 149,35
Joelho 90°	25	1"	6	1	6	pç	7,31	R\$ 43,86
	32	1. 1/4"	1	1	1	pç	11,64	R\$ 11,64
Bucha de redução	32x 25	1. 1/4" x 1"	36	1	36	pç	7,31	R\$ 263,16
	65 x 32	2.1\2" x 1.1/4"	2	1	2	pç	21,22	R\$ 42,44
	80 x 32	3" x 1.1/4"	4	1	4	pç	21,22	R\$ 84,88
	80 x 65	3" x 2.1/2"	1	1	1	pç	30,08	R\$ 30,08
Válvula esfera	80	3"	1	1	1	pç	419,00	R\$ 419,00
<b>TOTAL</b>								<b>R\$ 4.658,25</b>

(fonte: elaborado pelo autor)

Tabela 24– Custo do projeto por tabelas – edificação 4

Edificação 4								
Material Galvanizado	Diâmetro Nominal		Cálculo por Tabela					
			Material			Custo		
	DN	Polegada	Nº	Qte	Total	(und)	(R\$/und)	Total (R\$)
Tubo	25	1"	10	3,60	36	m	2,23	R\$ 80,28
	32	1. 1/4"	5	3,60	18	m	21,62	R\$ 389,16
	40	1. 1/2"	10	3,60	36	m	27,91	R\$ 1.004,76
	50	2"	5	3,60	18	m	35,35	R\$ 636,30
			1	3,30	3,3	m	35,35	R\$ 116,66
			5	0,85	4,25	m	35,35	R\$ 150,24
	65	2.1\2"	1	3,30	3,30	m	50,14	R\$ 165,46
	80	3"	1	0,62	0,62	m	58,94	R\$ 36,54
2			3,30	6,60	m	58,94	R\$ 389,00	
Tê	25	1"	5	1	5	pç	10,61	R\$ 53,05
	32	1. 1/4"	5	1	5	pç	16,69	R\$ 83,45
	40	1. 1/2"	10	1	10	pç	20,81	R\$ 208,10
	50	2"	10	1	10	pç	37,59	R\$ 375,90
	65	2.1\2"	1	1	1	pç	60,15	R\$ 60,15
	80	3"	3	1	3	pç	78,69	R\$ 236,07
Joelho 90°	25	1"	5	1	5	pç	7,31	R\$ 36,55
	50	2"	1	1	1	pç	25,69	R\$ 25,69
Bucha de redução	32x 25	1. 1/4" x 1"	10	1	10	pç	7,31	R\$ 73,10
	40 x 32	1. 1/2" x 1.1/4"	5	1	5	pç	11,02	R\$ 55,10
	40x 25	1. 1/2" x 1"	10	1	10	pç	11,02	R\$ 110,20
	50 x 40	2" x 1.1/2"	5	1	5	pç	14,21	R\$ 71,05
	50 x 25	2" x 1"	10	1	10	pç	14,21	R\$ 142,10
	65 x 50	2.1\2" x 2"	2	1	2	pç	21,22	R\$ 42,44
	80 x 65	3" x 2.1/2"	1	1	1	pç	30,08	R\$ 30,08
	80 x 50	3" x 2"	3	1	3	pç	30,08	R\$ 90,24
Válvula esfera	80	3"	1	1	1	pç	419,00	R\$ 419,00
<b>TOTAL</b>								<b>R\$ 5.080,67</b>

(fonte: elaborado pelo autor)

Tabela 25– Custo do projeto por cálculo hidráulico–edificação 4

Edificação 4								
Material Galvanizado	Diâmetro Nominal		Cálculo Hidráulico					
			Material				Custo	
	DN	Polegada	Nº	Qte	Total	(und)	(R\$/und)	Total (R\$)
Tubo	25	1"	10	3,60	36,0	m	2,23	R\$ 80,28
	32	1. 1/4"	20	3,60	72,0	m	21,62	R\$ 1.556,64
			1	3,30	3,3	m	21,62	R\$ 71,35
			5	0,85	4,3	m	21,62	R\$ 91,89
	40	1. 1/2"		3,60	0,0	m	27,91	R\$ -
	50	2"		3,60	0,0	m	35,35	R\$ -
				3,30	0,0	m	35,35	R\$ -
				3,60	0,0	m	35,35	R\$ -
	65	2.1\2"	1	3,30	3,3	m	50,14	R\$ 165,46
	80	3"	2	3,30	6,6	m	58,94	R\$ 389,00
			1	0,62	0,6	m	58,94	R\$ 36,54
	100	4"		3,30	0,0	m	85,30	R\$ -
			0,62	0,0	m	85,30	R\$ -	
Tê	25	1"	5	1	5	pç	10,61	R\$ 53,05
	32	1. 1/4"	25	1	25	pç	16,69	R\$ 417,25
	65	2.1\2"	1	1	1	pç	60,15	R\$ 60,15
	80	3"	3	1	3	pç	78,69	R\$ 236,07
Joelho 90°	25	1"	5	1	5	pç	7,31	R\$ 36,55
	32	1. 1/4"	1	1	1	pç	11,64	R\$ 11,64
Buchta de redução	32x 25	1. 1/4" x 1"	30	1	30	pç	7,31	R\$ 219,30
	65 x 32	2.1\2" x 1.1/4"	2	1	2	pç	21,22	R\$ 42,44
	80 x 32	3" x 1.1/4"	3	1	3	pç	21,22	R\$ 63,66
	80 x 65	3" x 2.1/2"	1	1	1	pç	30,08	R\$ 30,08
Válvula esfera	80	3"	1	1	1	pç	419,00	R\$ 419,00
<b>TOTAL</b>								<b>R\$ 3.980,35</b>

(fonte: elaborado pelo autor)

Tabela 26– Custo do projeto por tabelas – edificação 5

Edificação 5								
Material Galvanizado	Diâmetro Nominal		Cálculo por Tabela					
			Material			Custo		
	DN	Polegada	Nº	Qte	Total	(und)	(R\$/und)	Total (R\$)
Tubo Galvanizado	25	1"	8	3,60	28,8	m	2,23	R\$ 64,22
	32	1. 1/4"	4	3,60	14,4	m	21,62	R\$ 311,33
	40	1. 1/2"	8	3,60	28,8	m	27,91	R\$ 803,81
	50	2"	4	3,60	14,4	m	35,35	R\$ 509,04
			1	3,30	3,3	m	35,35	R\$ 116,66
			4	0,85	3,4	m	35,35	R\$ 120,19
	65	2.1\2"	1	3,30	3,30	m	50,14	R\$ 165,46
	80	3"	1	0,62	0,62	m	58,94	R\$ 36,54
1			3,30	3,30	m	58,94	R\$ 194,50	
Conexão Tê	25	1"	4	1	4	pç	10,61	R\$ 42,44
	32	1. 1/4"	4	1	4	pç	16,69	R\$ 66,76
	40	1. 1/2"	8	1	8	pç	20,81	R\$ 166,48
	50	2"	8	1	8	pç	37,59	R\$ 300,72
	65	2.1\2"	1	1	1	pç	60,15	R\$ 60,15
	80	3"	2	1	2	pç	78,69	R\$ 157,38
Conexão Joelho 90°	25	1"	4	1	4	pç	7,31	R\$ 29,24
	50	2"	1	1	1	pç	25,69	R\$ 25,69
Conexão Bucha de redução	32x 25	1. 1/4" x 1"	8	1	8	pç	7,31	R\$ 58,48
	40 x 32	1. 1/2" x 1.1/4"	4	1	4	pç	11,02	R\$ 44,08
	40x 25	1. 1/2" x 1"	8	1	8	pç	11,02	R\$ 88,16
	50 x 40	2" x 1.1/2"	4	1	4	pç	14,21	R\$ 56,84
	50 x 25	2" x 1"	8	1	8	pç	14,21	R\$ 113,68
	65 x 50	2.1\2" x 2"	2	1	2	pç	21,22	R\$ 42,44
	80 x 65	3" x 2.1/2"	1	1	1	pç	30,08	R\$ 30,08
	80 x 50	3" x 2"	2	1	2	pç	30,08	R\$ 60,16
Válvula esfera	80	3"	1	1	1	pç	419,00	R\$ 419,00
TOTAL								R\$ 4.083,53

(fonte: elaborado pelo autor)

Tabela 27– Custo do projeto por cálculo hidráulico–edificação 5

Edificação 5								
Material Galvanizado	Diâmetro Nominal		Cálculo Hidráulico					
			Material				Custo	
	DN	Polegada	Nº	Qte	Total	(und)	(R\$/und)	Total (R\$)
Tubo Galvanizado	25	1"	8	3,60	28,8	m	2,23	R\$ 64,22
	32	1. 1/4"	16	3,60	57,6	m	21,62	R\$ 1.245,31
			1	3,30	3,3	m	21,62	R\$ 71,35
			4	0,85	3,4	m	21,62	R\$ 73,51
	65	2.1\2"	1	3,30	3,3	m	50,14	R\$ 165,46
	80	3"	1	3,30	3,3	m	58,94	R\$ 194,50
1			0,62	0,62	m	58,94	R\$ 36,54	
Tê	25	1"	4	1	4	pç	10,61	R\$ 42,44
	32	1. 1/4"	20	1	20	pç	16,69	R\$ 333,80
	65	2.1\2"	1	1	1	pç	60,15	R\$ 60,15
	80	3"	2	1	2	pç	78,69	R\$ 157,38
Joelho 90°	25	1"	4	1	4	pç	7,31	R\$ 29,24
	32	1. 1/4"	1	1	1	pç	11,64	R\$ 11,64
Bucha de redução	32x 25	1. 1/4" x 1"	24	1	24	pç	7,31	R\$ 175,44
	65 x 32	2.1\2" x 1.1/4"	2	1	2	pç	21,22	R\$ 42,44
	80 x 32	3" x 1.1/4"	2	1	2	pç	21,22	R\$ 42,44
	80 x 65	3" x 2.1/2"	1	1	1	pç	30,08	R\$ 30,08
Válvula esfera	80	3"	1	1	1	pç	419,00	R\$ 419,00
<b>TOTAL</b>								<b>R\$ 3.194,95</b>

(fonte: elaborado pelo autor)

Tabela 28– Custo do projeto por tabelas – edificação 6

Edificação 6								
Material Galvanizado	Diâmetro Nominal		Cálculo por Tabela					
			Material			Custo		
	DN	Polegada	Nº	Qte	Total	(und)	(R\$/und)	Total (R\$)
Tubo	25	1"	6	3,60	21,6	m	2,23	R\$ 48,17
	32	1. 1/4"	3	3,60	10,8	m	21,62	R\$ 233,50
	40	1. 1/2"	6	3,60	21,6	m	27,91	R\$ 602,86
	50	2"	3	3,60	10,8	m	35,35	R\$ 381,78
			1	3,30	3,3	m	35,35	R\$ 116,66
			3	0,85	2,55	m	35,35	R\$ 90,14
	65	2.1\2"	1	3,30	3,30	m	50,14	R\$ 165,46
80	3"	1	0,62	0,62	m	58,94	R\$ 36,54	
Tê	25	1"	3	1	3	pç	10,61	R\$ 31,83
	32	1. 1/4"	3	1	3	pç	16,69	R\$ 50,07
	40	1. 1/2"	6	1	6	pç	20,81	R\$ 124,86
	50	2"	6	1	6	pç	37,59	R\$ 225,54
	65	2.1\2"	1	1	1	pç	60,15	R\$ 60,15
	80	3"	1	1	1	pç	78,69	R\$ 78,69
Joelho 90°	25	1"	3	1	3	pç	7,31	R\$ 21,93
	50	2"	1	1	1	pç	25,69	R\$ 25,69
Bucha de redução	32x 25	1. 1/4" x 1"	6	1	6	pç	7,31	R\$ 43,86
	40 x 32	1. 1/2" x 1.1/4"	3	1	3	pç	11,02	R\$ 33,06
	40x 25	1. 1/2" x 1"	6	1	6	pç	11,02	R\$ 66,12
	50 x 40	2" x 1.1/2"	3	1	3	pç	14,21	R\$ 42,63
	50 x 25	2" x 1"	6	1	6	pç	14,21	R\$ 85,26
	65 x 50	2.1\2" x 2"	2	1	2	pç	21,22	R\$ 42,44
	80 x 65	3" x 2.1/2"	1	1	1	pç	30,08	R\$ 30,08
	80 x 50	3" x 2"	1	1	1	pç	30,08	R\$ 30,08
Válvula esfera	80	3"	1	1	1	pç	419,00	R\$ 419,00
<b>TOTAL</b>								<b>R\$ 3.086,39</b>

(fonte: elaborado pelo autor)

Tabela 29– Custo do projeto por cálculo hidráulico–edificação 6

Edificação 6								
Material Galvanizado	Diâmetro Nominal		Cálculo Hidráulico					
			Material				Custo	
	DN	Polegada	Nº	Qte	Total	(und)	(R\$/und)	Total (R\$)
Tubo	25	1"	6	3,60	21,6	m	2,23	R\$ 48,17
	32	1. 1/4"	12	3,60	43,2	m	21,62	R\$ 933,98
			1	3,30	3,3	m	21,62	R\$ 71,35
			3	0,85	2,55	m	21,62	R\$ 55,13
	65	2.1\2"	1	3,30	3,3	m	50,14	R\$ 165,46
80	3"	1	0,62	0,62	m	58,94	R\$ 36,54	
Tê	25	1"	3	1	3	pç	10,61	R\$ 31,83
	32	1. 1/4"	15	1	15	pç	16,69	R\$ 250,35
	65	2.1\2"	1	1	1	pç	60,15	R\$ 60,15
	80	3"	1	1	1	pç	78,69	R\$ 78,69
Joelho 90°	25	1"	3	1	3	pç	7,31	R\$ 21,93
	32	1. 1/4"	1	1	1	pç	11,64	R\$ 11,64
Bucha de redução	32x 25	1. 1/4" x 1"	18	1	18	pç	7,31	R\$ 131,58
	65 x 32	2.1\2" x 1.1/4"	2	1	2	pç	21,22	R\$ 42,44
	80 x 32	3" x 1.1/4"	1	1	1	pç	21,22	R\$ 21,22
	80 x 65	3" x 2.1/2"	1	1	1	pç	30,08	R\$ 30,08
Válvula esfera	80	3"	1	1	1	pç	419,00	R\$ 419,00
TOTAL								R\$ 2.409,54

(fonte: elaborado pelo autor)

Tabela 30– Custo do projeto por tabelas – edificação 7

Edificação 7								
Material Galvanizado	Diâmetro Nominal		Cálculo por Tabela					
			Qte		Sub Total	Total	Custo	
	DN	Polegada	Nº	(m)	(m)	(m)	(R\$/und)	Total (R\$)
Tubo	25	1"	6	3,60	21,6	m	2,23	R\$ 48,17
	32	1. 1/4"	3	3,60	10,8	m	21,62	R\$ 233,50
	40	1. 1/2"	6	3,60	21,6	m	27,91	R\$ 602,86
	50	2"	3	3,60	10,8	m	35,35	R\$ 381,78
			1	3,30	3,3	m	35,35	R\$ 116,66
			3	0,85	2,55	m	35,35	R\$ 90,14
	65	2.1\2"	1	3,30	3,30	m	50,14	R\$ 165,46
			1	0,62	0,62	m	50,14	R\$ 31,09
Tê	25	1"	3	1	3	pç	10,61	R\$ 31,83
	32	1. 1/4"	3	1	3	pç	16,69	R\$ 50,07
	40	1. 1/2"	6	1	6	pç	20,81	R\$ 124,86
	50	2"	3	1	3	pç	37,59	R\$ 112,77
	65	2.1\2"	2	1	2	pç	60,15	R\$ 120,30
Joelho 90°	25	1"	3	1	3	pç	7,31	R\$ 21,93
	50	2"	1	1	1	pç	25,69	R\$ 25,69
Bucha de redução	32x 25	1. 1/4" x 1"	6	1	6	pç	7,31	R\$ 43,86
	40 x 32	1. 1/2" x 1.1/4"	3	1	3	pç	11,02	R\$ 33,06
	40x 25	1. 1/2" x 1"	6	1	6	pç	11,02	R\$ 66,12
	50 x 40	2" x 1.1/2"	3	1	3	pç	14,21	R\$ 42,63
	50 x 25	2" x 1"	6	1	6	pç	14,21	R\$ 85,26
	65 x 50	2.1\2" x 2"	3	1	3	pç	21,22	R\$ 63,66
Válvula esfera	65	2.1\2"	1	1	1	pç	283,00	R\$ 283,00
TOTAL								R\$ 2.774,69

(fonte: elaborado pelo autor)

Tabela 31– Custo do projeto por cálculo hidráulico–edificação 7

Edificação 7								
Material Galvanizado	Diâmetro Nominal		Cálculo Hidráulico					
			Qte		Sub Total	Total	Custo	
	DN	Polegada	Nº	(m)	(m)	(m)	(R\$/und)	Total (R\$)
Tubo	25	1"	6	3,60	21,6	m	2,23	R\$ 48,17
	32	1. 1/4"	9	3,60	32,4	m	21,62	R\$ 700,49
			1	3,30	3,30	m	21,62	R\$ 71,35
			3	0,85	2,55	m	21,62	R\$ 55,13
	65	2.1\2"	1	3,30	3,30	m	50,14	R\$ 165,46
	81	3"	1	0,62	0,62	m	58,94	R\$ 36,54
Tê	25	1"	3	1	3	3	10,61	R\$ 31,83
	32	1. 1/4"	12	1	12	12	16,69	R\$ 200,28
	65	2.1\2"	1	1	1	1	60,15	R\$ 60,15
	80	3"	1	1	1	1	78,69	R\$ 78,69
Joelho 90°	25	1"	3	1	3	3	7,31	R\$ 21,93
	32	1. 1/4"	1	1	1	1	11,64	R\$ 11,64
Bucha de redução	32x 25	1. 1/4" x 1"	15	1	15	15	7,31	R\$ 109,65
	65 x 32	2.1\2" x 1.1/4"	2	1	2	2	21,22	R\$ 42,44
	80 x 32	3" x 1.1/4"	1	1	1	1	21,22	R\$ 21,22
	80 x 65	3" x 2.1/2"	1	1	1	1	30,08	R\$ 30,08
Válvula esfera	80	3"	1	1	1	1	419,00	R\$ 419,00
<b>TOTAL</b>								<b>R\$ 2.104,05</b>

(fonte: elaborado pelo autor)

Tabela 32– Custo do projeto por tabelas – edificação 8

Edificação 8								
Material Galvanizado	Diâmetro Nominal		Cálculo por Tabela					
			Material			Custo		
	DN	Polegada	Nº	Qte	Total	(und)	(R\$/und)	Total (R\$)
Tubo	25	1"	6	3,60	21,6	m	2,23	R\$ 48,17
	32	1. 1/4"	3	3,60	10,8	m	21,62	R\$ 233,50
	40	1. 1/2"	3	3,60	10,8	m	27,91	R\$ 301,43
	50	2"	1	3,30	3,3	m	35,35	R\$ 116,66
	65	2.1\2"	1	0,62	0,62	m	50,14	R\$ 31,09
Tê	25	1"	3	1	3	pç	10,61	R\$ 31,83
	32	1. 1/4"	3	1	3	pç	16,69	R\$ 50,07
	40	1. 1/2"	6	1	6	pç	20,81	R\$ 124,86
	50	2"	1	1	1	pç	37,59	R\$ 37,59
	65	2.1\2"	1	1	1	pç	60,15	R\$ 60,15
Joelho 90°	25	1"	3	1	3	pç	7,31	R\$ 21,93
	40	1. 1/2"	1	1	1	pç	16,38	R\$ 16,38
Bucha de redução	32x 25	1. 1/4" x 1"	6	1	6	pç	7,31	R\$ 43,86
	40 x 32	1. 1/2" x 1.1/4"	3	1	3	pç	11,02	R\$ 33,06
	40x 25	1. 1/2" x 1"	6	1	6	pç	11,02	R\$ 66,12
	50 x 40	2" x 1.1/2"	2	1	2	pç	14,21	R\$ 28,42
	65 x 50	2.1\2" x 2"	1	1	1	pç	21,22	R\$ 21,22
Válvula esfera	65	2.1\2"	1	1	1	pç	283,00	R\$ 283,00
<b>TOTAL</b>								<b>R\$ 1.549,32</b>

(fonte: elaborado pelo autor)

Tabela 33– Custo do projeto por cálculo hidráulico–edificação 8

Edificação 8								
Material Galvanizado	Diâmetro Nominal		Cálculo Hidráulico					
			Material			Custo		
	DN	Polegada	Nº	Qte	Total	(und)	(R\$/und)	Total (R\$)
Tubo	25	1"	6	3,60	21,6	m	2,23	R\$ 48,17
	32	1. 1/4"	6	3,60	21,6	m	21,62	R\$ 466,99
			1	3,30	3,30	m	21,62	R\$ 71,35
			3	0,85	2,55	m	21,62	R\$ 55,13
	65	2.1\2"	1	3,30	3,30	m	50,14	R\$ 165,46
			1	0,62	0,62	m	58,94	R\$ 36,54
Tê	25	1"	3	1	3	pç	10,61	R\$ 31,83
	32	1. 1/4"	9	1	9	pç	16,69	R\$ 150,21
	65	2.1\2"	1	1	1	pç	60,15	R\$ 60,15
	80	3"	1	1	1	pç	78,69	R\$ 78,69
Joelho 90°	25	1"	3	1	3	pç	7,31	R\$ 21,93
	32	1. 1/4"	1	1	1	pç	11,64	R\$ 11,64
Bucha de redução	32x 25	1. 1/4" x 1"	12	1	12	pç	7,31	R\$ 87,72
	65 x 32	2.1\2" x 1.1/4"	2	1	2	pç	21,22	R\$ 42,44
	80 x 32	3" x 1.1/4"	1	1	1	pç	21,22	R\$ 21,22
	80 x 65	3" x 2.1/2"	1	1	1	pç	30,08	R\$ 30,08
	80	3"	1	1	1	pç	419,00	R\$ 419,00
<b>TOTAL</b>								<b>R\$ 1.798,55</b>

(fonte: elaborado pelo autor)

Tabela 34– Custo do projeto por tabelas – edificação 9

Edificação 9								
Material Galvanizado	Diâmetro Nominal		Cálculo por Tabela					
			Material				Custo	
	DN	Polegada	Nº	Qte	Total	(und)	(R\$/und)	Total (R\$)
Tubo	25	1"	6	3,56	21,36	m	2,23	R\$ 47,63
	32	1. 1/4"	3	3,56	10,68	m	21,62	R\$ 230,90
	40	1. 1/2"	3	1,03	3,09	m	27,91	R\$ 86,24
			1	3,30	3,30	m	27,91	R\$ 92,10
	50	2"	1	3,30	3,30	m	35,35	R\$ 116,66
	65	2.1\2"	1	1,18	1,18	m	50,14	R\$ 59,17
Tê	25	1"	3	1	3	pç	10,61	R\$ 31,83
	32	1. 1/4"	3	1	3	pç	16,69	R\$ 50,07
	40	1. 1/2"	3	1	3	pç	20,81	R\$ 62,43
	65	2.1\2"	1	1	1	pç	60,15	R\$ 60,15
Joelho 90°	25	1"	3	1	3	pç	7,31	R\$ 21,93
	40	1. 1/2"	1	1	1	pç	16,38	R\$ 16,38
Bucha de redução	32x 25	1. 1/4" x 1"	3	1	3	pç	7,31	R\$ 21,93
	40 x 32	1. 1/2" x 1.1/4"	3	1	3	pç	11,02	R\$ 33,06
	40x 25	1. 1/2" x 1"	3	1	3	pç	11,02	R\$ 33,06
	50 x 40	2" x 1.1/2"	2	1	2	pç	14,21	R\$ 28,42
	65 x 40	2.1\2" x 1.1/2"	1	1	1	pç	21,22	R\$ 21,22
	65 x 50	2.1\2" x 2"	1	1	1	pç	21,22	R\$ 21,22
Válvula esfera	65	2.1\2"	1	1	1	pç	283,00	R\$ 283,00
TOTAL								R\$ 1.317,40

(fonte: elaborado pelo autor)

Tabela 35– Custo do projeto por cálculo hidráulico–edificação 9

Edificação 9								
Material Galvanizado	Diâmetro Nominal		Cálculo Hidráulico					
			Material				Custo	
	DN	Polegada	Nº	Qte	Total	(und)	(R\$/und)	Total (R\$)
Tubo	25	1"	6	3,56	21,36	m	2,23	R\$ 47,63
	32	1. 1/4"	3	3,56	10,68	m	21,62	R\$ 230,90
			1	3,30	3,30	m	21,62	R\$ 71,35
			3	1,03	3,09	m	21,62	R\$ 66,81
	65	2.1\2"	1	3,30	3,30	m	50,14	R\$ 165,46
80	3"	1	0,62	0,62	m	58,94	R\$ 36,54	
Tê	25	1"	3	1	3	pç	10,61	R\$ 31,83
	32	1. 1/4"	6	1	6	pç	16,69	R\$ 100,14
	65	2.1\2"	1	1	1	pç	60,15	R\$ 60,15
	80	3"	1	1	1	pç	78,69	R\$ 78,69
Joelho 90°	25	1"	3	1	3	pç	7,31	R\$ 21,93
	32	1. 1/4"	1	1	1	pç	11,64	R\$ 11,64
Bucha de redução	32x 25	1. 1/4" x 1"	9	1	9	pç	7,31	R\$ 65,79
	65 x 32	2.1\2" x 1.1/4"	2	1	2	pç	21,22	R\$ 42,44
	80 x 32	3" x 1.1/4"	1	1	1	pç	21,22	R\$ 21,22
	80 x 65	3" x 2.1/2"	1	1	1	pç	30,08	R\$ 30,08
Válvula esfera	80	3"	1	1	1	pç	419,00	R\$ 419,00
<b>TOTAL</b>								<b>R\$ 1.501,60</b>

(fonte: elaborado pelo autor)

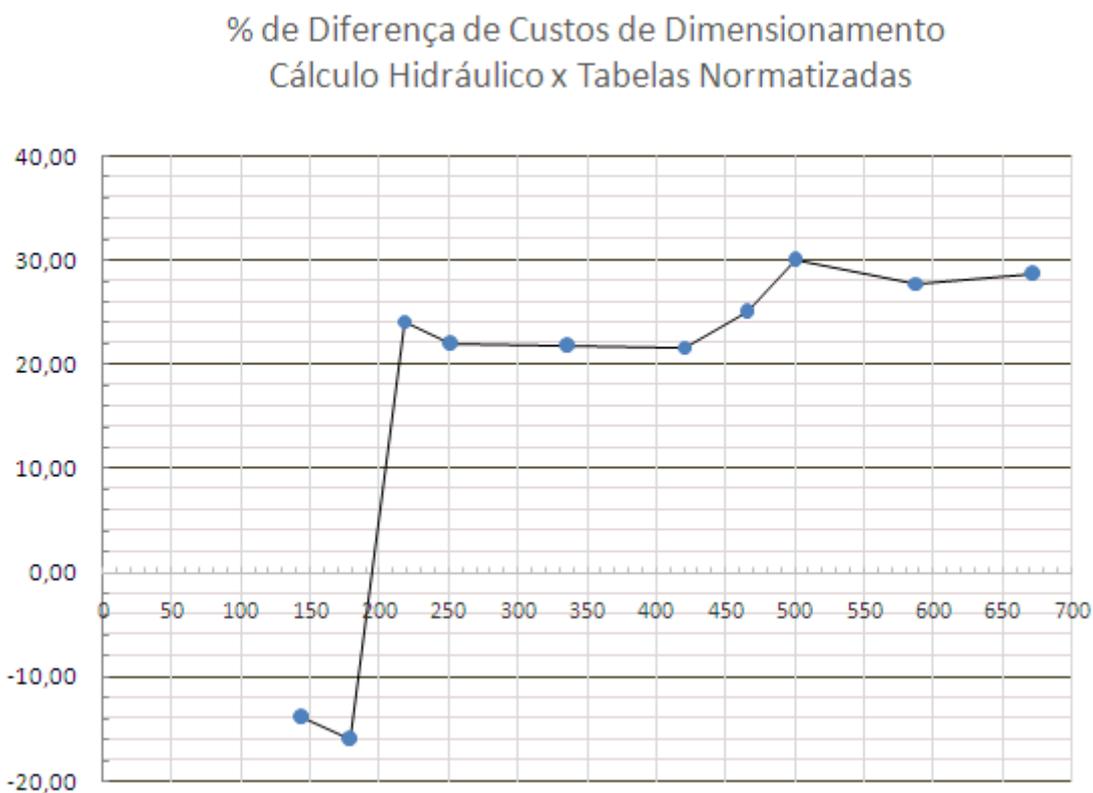
Os cálculos dos projetos são apresentados resumidamente abaixo:

Tabela 36–Resumo de custos

Projeto	Área (m <sup>2</sup> )	Nº de Bicos (und.)	Custo			Diferença (R\$)	(% )
			Por Tabela (R\$)	Por Cálculo (R\$)	Diferença (R\$)		
Edificação 1	672,00	56	R\$ 8.904,39	R\$ 6.358,55	R\$ 2.545,85	28,59	
Edificação 2	588,00	49	R\$ 7.664,10	R\$ 5.532,78	R\$ 2.131,32	27,81	
Edificação 3	500,00	42	R\$ 6.648,46	R\$ 4.658,25	R\$ 1.990,21	29,93	
Edificação 4	420,00	35	R\$ 5.080,67	R\$ 3.980,35	R\$ 1.100,32	21,66	
Edificação 5	336,00	28	R\$ 4.083,53	R\$ 3.194,95	R\$ 888,59	21,76	
Edificação 6	252,00	21	R\$ 3.086,39	R\$ 2.409,54	R\$ 676,85	21,93	
Edificação 7	217,73	18	R\$ 2.774,69	R\$ 2.104,05	R\$ 670,64	24,17	
Edificação 8	179,42	15	R\$ 1.549,32	R\$ 1.798,55	-R\$ 249,23	-16,09	
Edificação 9	144,14	12	R\$ 1.317,40	R\$ 1.501,60	-R\$ 184,20	-13,98	

(fonte: elaborado pelo autor)

Figura 32–Tendência de custos



(fonte: elaborado pelo autor)

Avaliando a figura 31 e os projetos das edificações propostas, observa-se que, neste trabalho, áreas inferiores a 205 m<sup>2</sup> não propiciam economia em termos de custo por cálculo hidráulico, porém, o dimensionamento por tabelas, neste caso, deixa deficitária a vazão de água nos bicos da área de aplicação, pois os diâmetros são menores.

O dimensionamento por cálculo de tabelas normalizadas, por norma, pode ser efetuado até 465 m<sup>2</sup>, e verificando a tendência no intervalo de área de 217,73 m<sup>2</sup> até 500,00 m<sup>2</sup> verifica-se um ganho financeiro em média de 23,89% sobre o dimensionamento por tabelas.

Acima da área de 500 m<sup>2</sup>, caso o projeto fosse calculado por tabelas, o ganho percentual estabiliza com uma pequena queda percentual ficando na média de 28,78% de economia apontando ainda um pequena majoração da média na otimização de custos.

## 10 CONCLUSÕES

O dimensionamento por cálculo hidráulico, neste trabalho, demonstrou uma economia de aproximadamente 23,00% na redução de custos em relação ao cálculo por tabelas normatizadas.

Para áreas menores de 205,00 m<sup>2</sup> não foi observado ganho em termos de custo para os sistemas aqui avaliados, mas o dimensionamento por tabela normatizadas não fornece uma capacidade de distribuição de água mais eficaz que o dimensionamento por cálculo hidráulico, pois trabalha com tubulações de diâmetros inferiores.

O modo como os cálculos foram desenvolvidos, neste trabalho, auxiliaram no dimensionamento de uma rede de *sprinklers* por cálculo hidráulico, e poderão servir de base a profissionais para auxiliar no dimensionamento de projetos reais.

As redes de *sprinklers* são um “instrumento” importante à salvaguarda da vida humana. Contudo, apesar das redes serem comprovadamente uma das formas mais eficazes no combate inicial de focos de incêndios, não necessitando de intervenção humana, ainda não são muito utilizadas, com exceção dos casos em que são exigidas por lei. O alto custo de implantação deste tipo de sistema é um dos principais motivos para o não emprego das redes. Por isso, a otimização de custos em edificações por meio de cálculo hidráulico em relação aos cálculos de dimensionamento por tabelas normatizadas realizados neste trabalho, podem contribuir para a redução desta tendência.

Sugere-se o estudo técnico e econômico de redes com a utilização de tubulações CPVC<sup>2</sup>. De acordo com NBR 10897 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2014, p.14) as tubulações CPVC, unidas por conexões soldadas podem ser utilizadas em sistemas de redes de *sprinklers* para “ocupações de risco leve até pressões de 1,21 MPa e em temperaturas ambientes até 65°C.” Este estudo pode contribuir para uma redução maior no custo de implantação do sistema de proteção contra incêndio, podendo ajudar a difundir o uso de *sprinklers* nos empreendimentos.

---

<sup>2</sup> CPCV ou Policloreto de vinila clorado apresenta maior resistência do que o PVC, devido adição de cloro em sua composição.

## REFERÊNCIAS

- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 16400** –chuveiros automáticos para controle e supressão de incêndios. Rio de Janeiro, 2015.
- \_\_\_\_\_. **NBR10897** –proteção contra incêndio por chuveiro automático. Rio de Janeiro, 2014.
- BRENTANO, T. **A proteção contra incêndios no projeto de edificações**. 1.ed. Porto Alegre:T Edições, 2007.
- BRENTANO,T. **Instalações hidráulicas de combate a incêndios nas edificações**. 5.ed. Porto Alegre, 2015.
- BRITISH AUTOMATIC FIRE SPRINKLER ASSOCIATION LTD. **Sprinkler Facts**.Ely, c2013. Disponível em: <<http://www.bafsa.org.uk/sprinklers.facts.php>>. Acesso em: 11 nov.2014.
- CREDER, H.**Instalações hidráulicas e sanitárias**. 6. ed. Rio de Janeiro: LTC,2006.
- FREIRE, P. **Estudo comparativo entre metodologias de dimensionamento econômico de adutoras**. 2000. 126f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Curso de Pós – Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal da Paraíba, Campina Grande, 2000.
- IKLIM LTD. **Fire sprinklers**. Disponível em: <<http://www.iklimnet.com/hotelfires/sprinkler.html>>. Acesso em: 20 out. 2015.
- MACINTYRE, A. **Manual de instalações hidráulicas e sanitárias**. 1. ed. Rio de Janeiro : LTC, 2008.
- \_\_\_\_\_. **Instalações hidráulicas e sanitárias**. 4. ed. Rio de Janeiro : LTC, 2010
- MARIO, L. **Análise comparativa de custos para as diferentes ocupações de risco no sistema aberto de chuveiros automáticos**. 67f.Trabalho de conclusão, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2007.
- NACIONAL FIRE PROTECTIONASSOCIATION. **NFPA13**: standart for the installation of sprinkler systems. Quincy, 2002.
- NAKAMURA,J. **Sprinklers anti-incêndio: tubulação pode ser de aço carbono, tubos de cobre ou cpvc**. Revista Construção Mercado.161.ed. Dez, 2014. Disponível em: <<http://construcaomercado.pini.com.br/negocios-incorporacao-construcao/161/sprinklers-anti-incendio-tubulacao-pode-ser-de-aco-carbono-tubos-de-333896-1.aspx>>. Acesso em: 20 out. 2015.
- PEREIRA, A. ARAUJO,C. **Sistema de chuveiros automáticos**. Revista Científica Aprender.4ed. Jun, 2011. Disponível em: <<http://revista.fundacaoaprender.org.br/index.php?id=141>>. Acesso em: 22 out. 2015.

RIBEIRO, J. **Fundamentos da combustão do fogo**. Dashöfer Holding Ltd. 2015. Disponível em: <<http://prevencao-incendios.dashofer.pt/?s=modulos&v=capitulo&c=>>>. Acesso em: 10 out. 2015.

RIO GRANDE DO SUL. **Lei Complementar nº 14.376**, de 26 de dezembro de 2013. Estabelece normas sobre segurança, prevenção e proteção contra incêndios nas edificações e áreas de risco de incêndio no Estado do Rio Grande do Sul e dá outras providências. Porto Alegre, RS, 2014. Disponível em: <[http://www.al.rs.gov.br/legis/M010/M0100099.ASP?Hid\\_Tipo=TEXTO&HidTodasNormas=60291&hTexto=&Hid\\_IDNorma=60291](http://www.al.rs.gov.br/legis/M010/M0100099.ASP?Hid_Tipo=TEXTO&HidTodasNormas=60291&hTexto=&Hid_IDNorma=60291)> Acesso em: 24 nov. 2014.

RIO GRANDE DO SUL. **Lei Complementar nº 14.690**, de 16 de março de 2015. Altera a Lei Complementar nº 14.376, de 26 de dezembro de 2013, que estabelece normas sobre Segurança, Prevenção e Proteção contra Incêndios nas edificações e áreas de risco de incêndio no Estado do Rio Grande do Sul e dá outras providências. Porto Alegre, RS, 2015. Disponível em: <<https://www.legisweb.com.br/legislacao/?id=282113>> Acesso em: 24 nov. 2015.

RMS SEGURANÇA CONTRA INCÊNDIO. **Instalação de rede de sprinkler**. Disponível em: <<http://www.rmsincendio.com.br>>. Acesso em: 20 out. 2015.

SANTUCCI, J. Incêndio da Boate Kiss: um divisor de águas sobre a segurança contra incêndios no Brasil e no mundo. **Revista Bimestral do Conselho Regional de Engenharia e Agronomia do Rio Grande do Sul**. Porto Alegre, Ano X. p.22-28, jan/fev,2014.

SERMATTEC SERVIÇOS E MANUTENÇÃO TÉCNICA ELÉTRICA E HIDRAULICA INDUSTRIAL. **Sistema de hidrantes**. Disponível em: <<http://www.sermattec.com.br/servicos/>>. Acesso em: 20 out. 2015.

SILVA, R. **Dimensionamento de redes de sprinklers**. 2012. 131f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Faculdade de Engenharia, Universidade do Porto, Portugal, 2012.

SUETONIO, G. **A vida dos doze césores**. Tradução de Sady Garibaldi. São Paulo. Ediouro, 1966.

TUPY S.A. **Catálogo Técnico: CT1003**. Joinville, 2009  
Disponível em: <[http://www.tupy.com.br/downloads/pdfs/conexoes/catalogo\\_pt.pdf](http://www.tupy.com.br/downloads/pdfs/conexoes/catalogo_pt.pdf)>. Acesso em: 24 out. 2015.

ZANELLA, A. FERREIRA, C. Boate Kiss: 242 mortos, um ano, nenhum condenado. **Revista Veja**. São Paulo:Ed. Abril. 26 Jan de 2014.  
Disponível em: <<http://veja.abril.com.br/noticia/brasil/boate-kiss-242-mortos-um-ano-nenhum-presos>>. Acesso em: 24 nov. 2014.

YERGATA MONTAGENS E OBRAS LTDA. **Complexo Operacional da Empresa de Correios e Telégrafos de Porto Alegre - RS**. Disponível em: <<http://www.yergata.com.br/obras-imagens/obra01-8.jpg>>. Acesso em: 20 out. 2015.

**ANEXO A – Tabelas de custos de tubulações e conexões de aço galvanizado  
da empresa Madri Comércio de Ferro e Aço Ltda.**


**CONEXÕES TUPY 150 LBS = BSP**
**MADRI COM. DE FERRO E AÇO LTDA.**

DATA : 13 DE JANEIRO DE 2014.

ZINCADAS 150 LIBRAS	BUCHA REDUÇÃO	JOELHO REDUÇÃO	LUVA REDUÇÃO	TEE REDUÇÃO	LUVA MF REDUÇÃO	NIPLE REDUÇÃO
COD.PROD. 2.1/2" X 1"	241G.48 21,22			130RG.48 60,15		
COD.PROD. 2.1/2" X 1.1/4"	241G.49 21,22		240G.49 35,02	130RG.49 60,15		
COD.PROD. 2.1/2" X 1.1/2"	241G.50 21,22		240G.50 35,02	130RG.50 60,15		
COD.PROD. 2.1/2" X 2"	241G.51 21,22	90RG.51 49,95	240G.51 35,02	130RG.51 65,92		245G.51 30,38
COD.PROD. 3" X 1 "				130RG.52 87,55		
COD.PROD. 3" X 1.1/4"				130RG.53 87,55		
COD.PROD. 3" X 1.1/2"	241G.54 31,93		240G.54 51,50	130RG.54 87,55		
COD.PROD. 3" X 2 "	241G.55 31,93		240G.55 51,50	130RG.55 87,55		245G.55 43,77
COD.PROD. 3" X 2.1/2"	241G.56 30,08		240G.56 51,50	130RG.56 87,55		245G.56 43,77
COD.PROD. 4" X 2 "	241G.58 57,68		240G.58 80,34	130RG.58 164,80		
COD.PROD. 4" X 2.1/2"	241G.59 57,68		240G.59 80,34	130RG.59 164,80		
COD.PROD. 4" X 3 "	241G.60 57,68		240G.60 80,34	130RG.60 164,80		
COD.PROD. 5" X 4 "	241G.66 154,50					
COD.PROD. 6" X 4 "	241G.71 175,10					
COD.PROD. 6" X 5"	241G.72 175,10					


**CONEXÕES TUPY 150 LBS = BSP**
**MADRI COM. DE FERRO E AÇO LTDA.**

DATA : 28 DE JANEIRO DE 2015.

ZINCADAS 150 LIBRAS	BUCHA REDUÇÃO	JOELHO REDUÇÃO	LUVA REDUÇÃO	TEE REDUÇÃO	LUVA MF REDUÇÃO	NIPLÉ REDUÇÃO
COD.PROD. 3/8" X 1/4 "	241G.23 2,47	90RG.23 3,30	240G.23 2,99	130RG.23 5,66	246G.23 3,91	245G.23 3,30
COD.PROD. 1/2" X 1/4 "	241G.25 2,47	90RG.25 3,71	240G.25 2,99	130RG.25 4,33	246G.25 4,74	245G.25 2,37
COD.PROD. 1/2" X 3/8 "	241G.26 2,47	90RG.26 3,71	240G.26 2,99	130RG.26 5,15	246G.26 4,74	245G.26 2,37
COD.PROD. 3/4" X 1/4 "	241G.27 3,40					
COD.PROD. 3/4" X 3/8 "	241G.28 3,40	90RG.28 5,46	240G.28 4,43	130RG.28 7,00	246G.28 5,87	245.28 3,40
COD.PROD. 3/4" X 1/2 "	241G.29 3,30	90RG.29 5,46	240G.29 4,43	130RG.29 6,59	246G.29 5,87	245.29 3,40
COD.PROD. 1" X 3/8 "	241G.31 4,94		240G.31 6,80	130RG.31 11,84		
COD.PROD. 1" X 1/2 "	241G.32 4,63	90RG.32 8,24	240G.32 6,49	130RG.32 11,84	246G.32 8,75	245G.32 6,28
COD.PROD. 1" X 3/4 "	241G.33 4,63	90RG.33 8,24	240G.33 6,80	130RG.33 11,84	246G.33 8,75	245G.33 6,28
COD.PROD. 1.1/4" X 1/2"	241G.35 7,72		240G.35 10,30	130RG.35 16,69		
COD.PROD. 1.1/4" X 3/4"	241G.36 7,72	90RG.36 14,01	240G.36 10,30	130RG.36 16,69	246G.36 12,57	245G.36 10,30
COD.PROD. 1.1/4" X 1"	241G.37 7,31	90RG.37 14,01	240G.37 10,30	130RG.37 16,69	246G.37 12,57	245G.37 10,30
COD.PROD. 1.1/2" X 1/2"	241G.39 11,02			130RG.39 23,69		
COD.PROD. 1.1/2" X 3/4"	241G.40 11,02	90RG.40 19,67	240G.40 12,77	130RG.40 23,69		245G.40 13,70
COD.PROD. 1.1/2" X 1"	241G.41 11,02	90RG.41 19,67	240G.41 12,77	130RG.41 23,69	246G.41 16,69	245G.41 13,70
COD.PROD. 1.1/2" X 1.1/4"	241G.42 11,02	90RG.42 19,67	240G.42 12,77	130RG.42 23,69	246G.42 16,69	245G.42 13,70
COD.PROD. 2" X 1/2 "	241G.43 14,21			130RG.43 38,11		
COD.PROD. 2" X 3/4 "	241G.44 14,21			130RG.44 38,11		
COD.PROD. 2" X 1 "	241G.45 14,21		240G.45 21,84	130RG.45 38,11	246G.45 19,57	245G.45 21,63
COD.PROD. 2" X 1.1/4 "	241G.46 14,21		240G.46 21,84	130RG.46 38,11	246G.46 19,57	245G.46 21,63
COD.PROD. 2" X 1.1/2 "	241G.47 14,21	90RG.47 28,22	240G.47 21,84	130RG.47 38,11	246G.47 19,57	245G.47 21,63


**MADRI COM. DE FERRO E AÇO LTDA.**

CONEXÕES TUPY 150 LBS = BSP

DATA : 28 DE JANEIRO DE 2015.

ZINCADAS/BSP	1/4"	3/8"	1/2"	3/4"	1"	1-1/4"	1-1/2"	2"	2-1/2"	3"	4"	5"	6"
BUJAO	291G.02	291G.03	291G.04	291G.06	291G.07	291G.08	291G.09	291G.10	291G.11	291G.12	291G.14		
(PLUG) REF. (291)	1,13	1,34	1,39	2,27	3,40	5,66	6,59	10,30	20,60	28,84	56,65		
TAMPÃO	301G.02	301G.03	301G.04	301G.06	301G.07	301G.08	301G.09	301G.10	301G.11	301G.12	301G.14		301G.16
CAP REF. (301)	2,16	2,16	2,99	4,12	6,18	10,30	12,36	15,45	25,75	41,20	72,10		154,50
CONTRA PORCA													
REF. (312)	1,85	1,85	1,85	2,16	3,91	5,97	6,18	10,30	21,63	25,75			
CURVA M.F	1G.02	1G.03	1G.04	1G.06	1G.07	1G.08	1G.09	1G.10	1G.11	1G.12	1G.14		
REF. (1)	5,56	6,18	8,55	12,87	22,66	41,20	45,32	82,40	113,30	159,65	309,00		
CURVA FEMEA													
REF. (2)		2G.03	2G.04	2G.06	2G.07	2G.08	2G.09	2G.10	2G.11	2G.12	2G.14		
		7,11	8,96	14,83	23,38	41,20	45,32	82,40	113,30	159,65	309,00		
CURVA MACHO													
REF. (3)		3G.03	3G.04	3G.06	3G.07	3G.08	3G.09	3G.10	3G.11	3G.12	3G.14		3G.16
		6,18	7,42	11,54	22,66	37,08	46,35	74,16	139,05	195,70	339,90		824,00
CURVA M.F 45°													
REF. (40)		40G.03	40G.04	40G.06	40G.07	40G.08	40G.09	40G.10	40G.11	40G.12			
		5,56	8,55	13,49	19,57	30,90	35,02	54,59	79,31	115,36			
CURVA RETORNO													
REF. (60)			60G.04	60G.06	60G.07	60G.08	60G.09	60G.10					
			11,33	16,48	27,81	41,20	56,65	75,19					
CRUZETA													
REF. (80)	180G.02	180G.03	180G.04	180G.06	180G.07	180G.08	180G.09	180G.10	180G.11	180G.12	180G.14		
	8,14	8,75	11,12	14,83	21,63	30,90	36,05	50,47	82,40	123,60	309,00		
FLANGE C/ SEXT.													
REF. (321)	321G.02	321G.03	321G.04	321G.06	321G.07	321G.08	321G.09	321G.10	321G.11	321G.12	321G.14	321G.15	321G.16
	6,69	6,69	6,69	8,86	11,43	14,93	22,14	25,13	35,64	53,77	74,16	144,20	154,50
JOELHO M.F													
COTOVELO REF. (92)	92G.02	92G.03	92G.04	92G.06	92G.07	92G.08	92G.09	92G.10	92G.11	92G.12	92G.14		
	3,40	3,71	5,77	7,62	12,36	18,54	21,63	31,93	56,65	82,40	154,50		
JOELHO 45°													
COTOVELO REF. (120)			120G.03	120G.06	120G.07	120G.08	120G.09	120G.10	120G.11	120G.12	120G.14	120G.15	120G.16
			4,22	6,90	9,89	16,07	19,57	27,29	47,38	64,89	118,45	185,40	339,90
JOELHO 3 BOCAS													
REF. (221)			221G.04	221G.06	221G.07	221G.08	221G.09	221G.10					
			8,34	11,33	17,51	28,84	36,05	56,65					
JOELHO 90°													
COTOVELO 90°	90G.02	90G.03	90G.04	90G.06	90G.07	90G.08	90G.09	90G.10	90G.11	90G.12	90G.14	90G.15	90G.16
	3,19	3,19	3,19	5,15	7,31	11,64	16,38	25,96	49,95	67,77	121,54	164,80	412,00
LUVA													
REF. (270)	270G.02	270G.03	270G.04	270G.06	270G.07	270G.08	270G.09	270G.10	270G.11	270G.12	270G.14	270G.15	270G.16
	2,99	2,99	2,88	4,33	6,69	9,27	12,05	18,23	34,81	51,50	77,25	128,75	226,60
NIPLES DUPLO													
REF. (280)	280G.02	280G.03	280G.04	280G.06	280G.07	280G.08	280G.09	280G.10	280G.11	280G.12	280G.14	280G.15	280G.16
	2,88	2,88	2,37	3,50	5,97	8,34	10,30	20,39	27,81	40,17	65,92	144,20	236,90
TEE 45°													
REF. (165)			165G.04	165G.06	165G.07	165G.08	165G.09	165G.10	165G.11	165G.12	165G.14		
			8,24	13,39	22,75	33,99	44,29	72,10	103,00	164,80	283,25		
TEE 90°													
REF. (130)	130G.02	130G.03	130G.04	130G.06	130G.07	130G.08	130G.09	130G.10	130G.11	130G.12	130G.14	130G.15	130G.16
	4,53	4,53	4,53	6,39	10,61	16,69	20,81	37,59	60,15	78,69	149,35	206,00	453,20
UNIAO A. B													
REF. (342)	342G.02	342G.03	342G.04	342G.06	342G.07	342G.08	342G.09	342G.10	342G.11	342G.12	342G.14	342G.15	342G.16
	20,39	22,66	28,94	35,02	35,23	58,71	67,98	93,73	142,14	208,06	288,40	772,50	927,00
UNIAO A. P													
REF. (330)	330G.02	330G.03	330G.04	330G.06	330G.07	330G.08	330G.09	330G.10	330G.11	330G.12	330G.14		
	16,07	16,07	12,36	18,02	19,36	31,52	36,05	54,59	84,46	127,72	169,95		

TUBO GALVANIZADO C/C MÉDIO NBR 5580 C/ROSCA - BARRAS C/6 METROS					
BITOLA	CÓDIGO	DIAM.EXTERNO ESPESSURA	KG / MT	PREÇO METRO	PREÇO BARRA
1/4"	42002	13,5 X 2,35	0,65	14,42	86,50
3/8"	42003	17,2 X 2,35	0,85	16,54	99,25
1/2"	42004	21,3 X 2,25	1,30	10,34	62,03
3/4"	42006	26,9 X 2,25	1,50	11,93	71,57
1"	42007	33,7 X 2,65	2,23	16,91	101,49
1.1/4"	42008	42,4 X 2,65	2,85	21,62	129,71
1.1/2"	42009	48,3 X 3,00	3,68	27,91	167,48
2"	42010	60,3 X 3,00	4,66	35,35	212,08
2.1/2"	42011	76,1 X 3,35	6,61	50,14	300,83
3"	42012	88,9 X 3,35	7,77	58,94	353,62
4"	42014	114,3 X 3,75	11,25	85,33	512,00
5"	42015	139,7 X 4,25	15,62	118,48	710,88
6"	42016	165,1 X 4,25	18,54	140,63	843,78

Preços consultados por telefone:

VÁLVULA ESFERA Ø100 → 4'' = R\$ 677,00

VÁLVULA ESFERA Ø80 → 3'' = R\$ 419,00

VÁLVULA ESFERA Ø65 → 2.1/2'' = R\$ 283,00

**ANEXO B – Tabela NBR 5580/2007: Tubos para condução de fluidos com  
rosca BSP**

NBR 5580/2007 - Tubos para Condução de Fluidos c/ rosca BSP								
Diâmetro Nominal (DN)	Diâmetro Nominal (pol)	Diâmetro Externo (mm)	Espessura (mm)			Massa Teórica do Tubo (kg/pç)		
			Classe Leve	Classe Média	Classe Pesada	Preto		
						Classe Leve	Classe Média	Classe Pesada
15*	1/2"	21,30	2,25	2,65	-	6,342	7,313	-
20	3/4"	26,90	2,25	2,65	3,00	8,206	9,508	10,609
25	1"	33,70	2,65	3,35	3,375	12,175	15,043	16,648
32	1.1/4"	42,40	2,65	3,35	3,75	15,586	19,356	21,445
40	1.1/2"	48,30	3,00	3,35	3,75	20,108	22,280	24,719
50	2"	60,30	3,00	3,75	4,50	25,434	31,377	37,153
65	2.1/2"	76,10	3,35	3,75	4,50	36,060	40,143	47,673
80	3"	88,90	3,35	4,00	4,50	42,404	50,247	56,195
90	3.1/2"	101,60	3,75	4,25	5,00	54,292	61,217	71,465
100	4"	114,30	3,75	4,50	5,60	61,339	73,107	90,066

Fornecidos com 6000mm de comprimento - Revestimento de Zinco 400g/m<sup>2</sup> min.