

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

Carlos Lange

**SISTEMA DE COMBATE A INCÊNCIOS POR CHUVEIROS
AUTOMÁTICOS:
GARAGEM DE SUBSOLO EM PRÉDIO RESIDENCIAL**

Porto Alegre
janeiro 2018

CARLOS LANGE

**SISTEMA DE COMBATE A INCÊNDIOS POR CHUVEIROS
AUTOMÁTICOS: GARAGEM DE SUBSOLO EM PRÉDIO
RESIDENCIAL**

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

Relatora: Daniela Guzzon Sanagiotto

Porto Alegre

janeiro 2018

CARLOS LANGE

**SISTEMA DE COMBATE A INCÊNDIOS POR CHUVEIROS
AUTOMÁTICOS: GARAGEM DE SUBSOLO EM PRÉDIO
RESIDENCIAL**

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, janeiro de 2018

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

Profa. Daniela Guzzon Sanagiotto
Dra. pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul
Relatora

BANCA EXAMINADORA

Profa. Daniela Guzzon Sanagiotto
Dra. pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul

Prof. Fernando Mainardi Fan
Dr. pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul

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

Dedico este trabalho às pessoas que se preocupam em
mostrar que o valor da vida não se mede apenas como uma
mera probabilidade.

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. Telmo Brentano pelo suporte teórico que permeiam este trabalho.

Agradeço ao Sr. Luiz C. Maccarini da Macc Extintores pelo pronto atendimento para orçamento da implantação dos chuveiros automáticos deste trabalho.

Agradeço ao hoje engenheiro Edison Viana Roque pelos préstimos do excelente trabalho de conclusão de curso, “Redução de Custos de Redes de *Sprinklers*: Otimização por Cálculo Hidráulico”, no qual este trabalho tem sua base.

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

Somos todos muito ignorantes, mas nem
todos ignoramos as mesmas coisas.
Albert Einstein

RESUMO

LANGE, C. **Sistema de combate a incêndios por chuveiros automáticos: Garagem de subsolo em prédio residencial.**

2017. Trabalho de Diplomação (Graduação em Engenharia Civil) – Departamento de Engenharia Civil, UFRGS, Porto Alegre.

Este trabalho trata da análise de custo do projeto de implantação de um sistema de *sprinklers* de tubo molhado em aço galvanizado de rede aberta através de cálculos hidráulicos. Foi analisado um projeto com área de 840 m². Os cálculos estão baseados na Norma ABNT 10897 (ASSOCIAÇÃO DE NORMAS TÉCNICAS, 2014) onde estão definidas as orientações técnicas para dimensionamento de sistemas de chuveiros automáticos. Foi feito o dimensionamento do sistema utilizando o método hidráulico começando 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 o projeto dimensionado foi obtido o valor para a instalação de toda a rede através de orçamento com empresa de instalação de chuveiros automáticos. Para comparação do custo de implantação de chuveiros automáticos ao custo total de uma obra, em que o número de vagas na garagem fosse compatível com o número de apartamentos ofertados, foi feita uma aproximação deste custo utilizando-se os valores do CUB-RS para seis, oito, dez, doze e quatorze pavimentos tipo, com os padrões de acabamento normal e alto. Os resultados mostraram o quanto as empresas da área da construção gastariam, em relação ao custo total, para a colocação de chuveiros automáticos numa garagem de subsolo em prédio residencial; representando, por exemplo, para o padrão normal (R8-N) com seis pavimentos, a 0,92% do custo total da construção e, para o padrão alto (R16-A) com quatorze pavimentos, a 0,5% do custo total da construção. Outra análise feita foi em relação ao lucro obtido na comercialização das unidades, utilizando-se os preços atualizados do mercado imobiliário para a região escolhida (zona sul de Porto Alegre), representando, para o padrão normal com seis pavimentos (R8-N) a 3,71% do lucro obtido e, para o padrão alto com quatorze pavimentos (R16-A), a 0,53% do lucro obtido.

Palavras-chave: Sistema de Chuveiros Automáticos, Método Cálculo Hidráulico. Chuveiros Automáticos em Garagem Residencial. Custos do Sistema de Chuveiros Automáticos.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Fluxograma das etapas da pesquisa	23
Figura 2 – Tetraedro do fogo	34
Figura 3 – Modelo de <i>sprinkler</i>	36
Figura 4 – <i>Sprinkler</i> tipo <i>spray</i>	37
Figura 5 – <i>Sprinkler</i> com ampola de vidro	39
Figura 6 – Chuveiros automáticos (1-para cima; 2-para baixo; 3-de parede)	41
Figura 7 – Sistema tipo anel fechado	46
Figura 8 – Sistema tipo grelha	47
Figura 9 – Sistema de bombas	50
Figura 10 – Sistema de controle e alarme	50
Figura 11 – Rede hidráulica de distribuição	52
Figura 12 – Arquitetura simplificada: garagem em subsolo residencial.....	57
Figura 13 – Esquema tridimensional genérico para chuveiros automáticos	58
Figura 14 – Curva de densidade e área	66
Figura 15 – Distribuição dos chuveiros e área de aplicação	69
Figura 16 – Esvaziamento de reservatório através de orifício	72
Figura 17 – Detalhe reservatórios e casa de bombas	84
Figura 18 – Distribuição dos chuveiros, área de aplicação e diâmetros das tubulações ..	87

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Classificação quanto à altura	25
Tabela 2 – Classificação quanto à carga de incêndio	25
Tabela 3 – Ocupações de uso e condições similares – risco leve	29
Tabela 4 – Ocupações de uso e condições similares – risco ordinário grupo I	30
Tabela 5 – Ocupações de uso e condições similares – risco ordinário – grupo II	31
Tabela 6 – Ocupações de uso e condições similares – risco extra ou extraordinário – grupo I	32
Tabela 7 – Ocupações de uso e condições similares – risco extra ou extraordinário – grupo II	33
Tabela 8 – Elemento sensível tipo ampola de vidro	38
Tabela 9 – Identificação das características de descargas dos chuveiros automáticos	42
Tabela 10 – Área máxima e mínima de cobertura de <i>sprinklers</i>	53
Tabela 11 – Área de cobertura máxima por chuveiro automático e distância máxima entre chuveiros automáticos tipo <i>spray</i> de cobertura padrão (pendente ou em pé)	53
Tabela 12 – Valores C de Hazen-Williams	61
Tabela 13 – Comprimento equivalente para estimativa de perda de carga	62
Tabela 14 – Área máxima servida por uma coluna de alimentação por pavimento	67
Tabela 15 – Fator de vazão K para diâmetros de orifícios de chuveiros automáticos	74
Tabela 16 – Demanda de hidrantes e duração do abastecimento de água para sistemas projetados por cálculo hidráulico	75
Tabela 17 – Diâmetros dos tubos de aço galvanizado	76
Tabela 18 – Resumo dos valores calculados	82
Tabela 19 – Diâmetro nominal mínimo das tubulações	83
Tabela 20 – Lista dos materiais básicos	88
Tabela 21 – Resumo de inspeções, ensaios e manutenção em sistemas de chuveiros automáticos	89
Tabela 22 – Evolução do CUB-RS para 2017	91
Tabela 23 – Área total construída para os padrões das edificações	94
Tabela 24 – Valor total dos projetos em função da área	95
Tabela 25 – Valor de construção	96
Tabela 26 – Valor total da obra	97
Tabela 27 – Valor de venda do empreendimento	98
Tabela 28 – Lucro do empreendimento	99

LISTA DE SIGLAS

INMETRO – Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia

CUB-RS – Custo Unitário Básico do Rio Grande do Sul

UFRGS – Universidade Federal do Rio Grande do Sul

NBR – Norma Brasileira aprovada pela Associação Brasileira de Normas Técnicas

SINDUSCON-RS – Sindicato das Indústrias da Construção Civil no Estado do Rio Grande do Sul

CBMRS – Corpo de Bombeiros Militar do Rio Grande do Sul

CMAR – Controle de Materiais de Acabamento e Revestimento

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas

NFPA – National Fire Protection Association (EUA)

LISTA DE SÍMBOLOS

CO₂ – dióxido de carbono

°C – grau Celsius (unidade de temperatura)

cal – caloria (unidade de medida de energia)

atm – atmosfera (unidade de medida de pressão)

kPa – quilo pascal (unidade de medida de pressão)

psi – libra por polegada quadrada (unidade de medida de pressão – sistema inglês)

gpm – galão por minuto (unidade de medida de vazão – sistema inglês)

ft – pé (unidade de medida de comprimento – sistema inglês)

K – fator de vazão K (l/min/bar^{1/2}) ou (l/min/mca^{1/2})

Q – vazão (l/min) ou (m³/s)

P – pressão (kPa)

bar – unidade de pressão equivalente a 100 kPa

DN – diâmetro nominal

°F – grau Fahrenheit (unidade de temperatura - EUA)

J – perda de carga unitária por atrito (kPa/m)

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

m.c.a. – metro de coluna d'água

d_m – diâmetro interno do tubo (mm)

hp – perda de carga unitária por atrito (mca)

e – espaçamento entre os chuveiros (m)

L_r – comprimento real (m)

L_e – comprimento equivalente (m)

P_v – pressão de velocidade (kPa)

P_t – pressão total (kPa)

P_n – pressão normal (kPa)

A_a – área de aplicação da área mais desfavorável (m^2)

D_a – densidade de água (l/min/ m^2)

N_{ch} – número de chuveiros automáticos na área de aplicação (unidade)

A_c – área de cobertura de cada chuveiro automático (m^2)

L_m – lado maior da área de aplicação (m)

N_{Lm} – número de chuveiros no lado maior (unidade)

e_c – espaçamento entre chuveiros (m)

A_{cr} – área de cobertura real de cada chuveiro automático (m^2)

Z – cota de nível vertical (m)

P – pressão atmosférica (mca)

γ – peso específico da água (N/ m^3)

g – aceleração da gravidade (m/s^2)

h – altura manométrica (mca)

C_d – coeficiente de descarga (adimensional)

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

D_e – diâmetro externo (mm)

e – espessura da parede do tubo (mm)

V_{RTC} – volume da reserva técnica de incêndio (l) ou (m^3)

N – potência da bomba

η – coeficiente de rendimento do sistema (adimensional)

h_{mt} – altura manométrica total (mca)

v – velocidade do escoamento (m/s)

A – área (m^2)

R 8 – projeto residencial multifamiliar até 8 pavimentos (CUB-RS)

R 8 - N – projeto residencial multifamiliar até 8 pavimentos padrão normal (CUB-RS)

R 8 - A – projeto residencial multifamiliar até 8 pavimentos padrão alto (CUB-RS)

R 16 – projeto residencial multifamiliar até 16 pavimentos (CUB-RS)

R 16 - N – projeto residencial multifamiliar até 16 pavimentos padrão normal (CUB-RS)

R 16 - A – projeto residencial multifamiliar até 16 pavimentos padrão alto (CUB-RS)

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	17
2 DIRETRIZES DA PESQUISA	20
2.1 QUESTÃO DE PESQUISA	20
2.2 OBJETIVOS DA PESQUISA	20
2.2.1 Objetivo Principal	20
2.2.2 Objetivo Secundário	20
2.3 PRESSUPOSTO	20
2.4 DELIMITAÇÕES	21
2.5 LIMITAÇÕES	21
2.6 DELINEAMENTO	21
3 MEDIDAS DE SEGURANÇA NO COMBATE A INCÊNDIOS	24
3.1 LEI COMPLEMENTAR nº 14.376 – ANEXO A	24
3.2 LEI COMPLEMENTAR nº 14.376 – ANEXO B	26
3.3 CLASSIFICAÇÃO DE OCUPAÇÃO DAS EDIFICAÇÕES	28
3.3.1 Ocupação de Risco Leve	29
3.3.2 Ocupação de Risco Ordinário	30
3.3.2.1 Ocupações de Risco Ordinário – Grupo I	30
3.3.2.2 Ocupações de Risco Ordinário – Grupo II	30
3.3.3 Ocupações de Risco Extra ou Extraordinário	31
3.3.3.1 Ocupações de Risco Extra ou Extraordinário – Grupo I	32
3.3.3.2 Ocupações de Risco Extra ou Extraordinário – Grupo II	32
3.3.4 Ocupações de Risco Especial	33
3.4 TRIÂNGULO DO FOGO	33
4 CHUVEIRO AUTOMÁTICO	36
4.1 FUNCIONAMENTO DO <i>SPRINKLER</i>	37
4.2 COMPONENTES DO <i>SPRINKLER</i>	37
4.2.1 Corpo	37
4.2.2 Obturador	38
4.2.3 Elemento Termossensível	38
4.2.4 Difusor ou defletor	39
4.3 FORMAS DE OPERAÇÃO DOS CHUVEIROS AUTOMÁTICOS	39
4.4 ORIENTAÇÃO QUANTO A FORMA DE INSTALAÇÃO	40
4.5 VAZÃO DE DESCARGAS PARA CHUVEIROS AUTOMÁTICOS	42

5 SISTEMAS DE CHUVEIROS AUTOMÁTICOS	43
5.1 TIPOS DE SISTEMAS	43
5.1.1 Sistema de Ação Prévia	44
5.1.2 Sistemas de Canalização Molhada	44
5.1.3 Sistema de Dilúvio	45
5.1.4 Sistema de Tubo Seco	45
5.1.5 Sistema de Anel Fechado	46
5.1.6 Sistema Tipo Grelha	47
5.2 ELEMENTOS DE UM SISTEMA DE <i>SPRINKLERS</i>	48
5.2.1 Abastecimento de Água	48
5.2.2 Sistema de Bombas	49
5.2.3 Sistema de Controle de Alarmes	50
5.2.4 Rede Hidráulica de Distribuição	51
5.3 ÁREA DE COBERTURA E DISTÂNCIA MÁXIMA ENTRE <i>SPRINKLERS</i>	52
6 EDIFICAÇÃO PROPOSTA	55
7 SISTEMA PROJETADO POR CÁLCULO HIDRÁULICO	58
7.1 PERDA DE CARGA	59
7.2 CARGA DE VELOCIDADE E PRESSÃO DE ESCOAMENTO	64
7.3 DENSIDADE DE ÁGUA (D_a)	65
7.4 DIMENSIONAMENTO POR CÁLCULO HIDRÁULICO	66
7.4.1 Escolha da área de aplicação (A_a)	67
7.4.2 Número de <i>sprinklers</i> na área de aplicação (N_{ch})	68
7.4.3 Dimensionamento da área de aplicação	69
7.4.4 Vazão no chuveiro mais desfavorável (nº 1)	71
7.4.5 Pressão no chuveiro mais desfavorável (nº 1)	71
7.4.6 Dimensionamento do trecho 2-1	75
7.4.7 Vazão e pressão no chuveiro (nº 2)	77
7.4.8 Dimensionamento do trecho 2-3	77
7.4.9 Vazão e pressão no chuveiro (nº 3)	78
7.4.10 Dimensionamento do trecho 3-4	78
7.4.11 Vazão e pressão no chuveiro (nº 4)	78
7.4.12 Vazão e pressão no chuveiro fictício A	79
7.4.13 Dimensionamento do trecho A-B	80
7.4.14 Vazão e pressão no chuveiro fictício B	80
7.4.15 Dimensionamento do trecho B-CI	81

7.4.16 Vazão e pressão no ponto CI	81
7.4.17 Diâmetros das canalizações de recalque e sucção	82
7.4.18 Volume de reserva técnica de incêndio (V_{RTI})	84
7.4.19 Potência das bombas	85
8 APRESENTAÇÃO DOS CUSTOS DE IMPLANTAÇÃO	88
8.1 CUSTO DE IMPLANTAÇÃO	88
9 ESTUDO DE CASO – ANÁLISE DE OBRA PADRÃO	91
9.1 CUSTO DO EMPREENDIMENTO	92
9.1.1 Valor de compra do terreno	93
9.1.2 Preço dos projetos: arquitetônico, estrutural, elétrico e hidráulico	93
9.1.3 Custo da construção	95
9.1.4 Valor total da obra	96
9.4 VALOR DE VENDA DO EMPREENDIMENTO	97
9.5 LUCRO DO EMPREENDIMENTO	98
9.6 COMPARATIVO DO CUSTO DE IMPLANTAÇÃO COM O VALOR DE CONSTRUÇÃO E COM O LUCRO	99
10 CONCLUSÃO	101
REFERÊNCIAS	103
ANEXO A	107

1 INTRODUÇÃO

Evoluímos a partir da descoberta do fogo. Inicialmente, este era obtido diretamente da natureza, por raios que incendiavam árvores. Usado principalmente para proteção e produção de alimentos cozidos, foi a partir de técnicas rústicas de criação e controle do fogo que a humanidade floresceu para chegar onde está hoje.

Esta evolução rápida permitiu que o homem, antes nômade, criasse raízes e se estabelecesse em pequenos povoados e posteriormente, formando as grandes cidades. Os aglomerados urbanos, hoje muito comuns, em sua grande maioria cresceram de uma forma desordenada e fora de controle. Esta expansão descontrolada criou a situação ideal para grandes sinistros com fogo da nossa história, tanto passada como recente.

A destruição de praticamente dois terços de Roma em 64 d.C. (SUETONIO, 1966), os sucessivos incêndios em Londres culminando em uma grande catástrofe em setembro de 1666 (FERNANDES, 2017), grandes sinistros nos Estados Unidos como em Chicago em 1871 (TESCHKE, 2017), Boston em 1872 e São Francisco em 1906 (BUCKA, 2017) ampliaram os estudos e pesquisas no combate a estes grandes eventos trágicos do passado.

No Brasil, a partir de 1945, inicia-se uma forte ampliação da capacidade industrial do país, concentrada principalmente no estado de São Paulo. Esta rápida expansão desloca grandes quantidades de pessoas do campo para as cidades. Com o crescimento desordenado destes grandes centros ocorreram, a partir de 1970, vários incidentes com fogo contabilizando centenas de mortos. Em São Paulo o Edifício Joelma em 1974 e o Edifício Grande Avenida em 1981; no Rio de Janeiro o Edifício Andorinha em 1986 (EXAME, 2017); em Porto Alegre o incêndio das Lojas Americanas em 1973, Lojas Renner em 1976 (CPOVO, 2017) e em Santa Maria a tragédia da Boate Kiss em 2013 (GLOBO, 2013).

Estes trágicos acidentes motivaram uma ação em todo o Brasil de órgãos públicos, engenheiros, arquitetos, corpo de bombeiros e outros, para o desenvolvimento de normas de combate a incêndios mais efetivas e mais próximas da realidade das edificações brasileiras. Apesar de todos os esforços, nossa legislação ainda não está suficientemente embasada para evitar grandes tragédias.

De acordo com o professor e Engenheiro Civil Telmo Brentano (2016, p.39):

..., as normas brasileiras sobre proteção contra incêndios são muito recentes, muitas não apresentando unicidade nas suas recomendações, outras são incompletas e algumas já desatualizadas. [...] A Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) luta permanentemente contra a falta de recursos financeiros para criar, melhorar e modernizar as normas brasileiras. [...] Desta forma, como a maior parte das nossas edificações não apresentam uma segurança adequada contra incêndios, corre-se contra o tempo para que novas tragédias não aconteçam.

Partindo do contexto da prevenção para o combate inicial nas edificações, a norma apresenta diversas classificações de risco as quais exigem determinados tipos de equipamentos de controle. Têm-se além dos extintores manuais, os sistemas de hidrantes, sistemas de mangotinhos e sistemas de chuveiros automáticos.

O INMETRO (INSTITUTO NACIONAL DE METROLOGIA, QUALIDADE E TECNOLOGIA, 1997) define a importância da utilização do chuveiro automático como primeiro combate a um princípio de incêndio:

O chuveiro automático de extinção de incêndio ou simplesmente *sprinkler*, que geralmente passa despercebido pela maioria da população, é hoje em dia um equipamento fundamental no primeiro combate ao fogo. A sua importância pode ser demonstrada por dois fatos: (1) o tamanho que a cada dia os edifícios, comerciais e residenciais, ganham, torna o trabalho do corpo de bombeiros de chegar ao foco do incêndio, cada vez mais difícil; (2) muitas partes do edifício não são de passagem frequente, podendo ficar despercebido um início de incêndio. Por estes motivos, é fundamental o combate ao fogo desde o seu princípio e o *sprinkler* é o principal equipamento no desempenho deste papel.

Ainda, segundo Creder (2010, ps.140-141):

O objetivo dessa instalação automática é reagir ao princípio de incêndio, atacando-o antes que se propague. [...] constituído de reservatórios, 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; [...] Uma vez iniciado o incêndio, a elevação de temperatura faz romper a ampola, e, em consequência, inicia-se com rapidez o espargimento de água, como se fosse um chuveiro, [...].

Conforme a classificação de risco das edificações é obrigatória a utilização de um destes sistemas de prevenção. No contexto deste trabalho, foi utilizada uma rede de *sprinkler* em uma garagem em um subsolo de uma edificação residencial. Com a definição do tipo de chuveiro automático adotado e a classificação do risco da edificação, foi utilizado o cálculo hidráulico para o dimensionamento de toda a rede. Posteriormente, o custo de implantação deste sistema foi calculado. Entende-se, mesmo que o grau de risco da edificação não exija a

utilização de chuveiros automáticos, a importância de utilizá-lo como um método mais eficaz na proteção contra incêndios. Além disso, foi feita uma avaliação do custo de sua implantação comparado com o custo total para a execução de uma edificação residencial padrão, definido pelo CUB-RS (CUSTO UNITARIO BÁSICO NO RIO GRANDE DO SUL).

2 DIRETRIZES DA PESQUISA

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

2.1 QUESTÃO DE PESQUISA

O uso de sistemas de chuveiros automáticos (*sprinklers*) em subsolos de prédios residenciais representará um custo unitário muito elevado em relação ao custo total da obra? Quanto deste custo adicional irá influenciar no preço de construção e no lucro deste empreendimento?

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

Verificar o acréscimo no custo total de obra pela instalação de uma rede de chuveiros automáticos em uma garagem de subsolo em um prédio residencial.

2.2.2 Objetivo secundário

Estimar os custos de implantação e manutenção de todo o sistema e compará-lo: com o custo para a construção de uma edificação com padrão a ser definido e com o lucro obtido na comercialização desta edificação.

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 e da Lei Complementar nº 14.376 de dezembro de 2013, Lei Kiss. (SINDUSCON-RS, 2013)

2.4 DELIMITAÇÕES

- a) O trabalho delimita-se ao projeto de rede de *sprinklers* de sistema aberto.
- b) a área considerada para os cálculos deste trabalho: área total do subsolo de 870m² e área coberta pelos chuveiros de 840m²;
- c) a rede considerada para cálculo foi em uma garagem em subsolo em prédio residencial, conforme área proposta;
- d) o pé direito da edificação proposta é de 2,8 m e não há entre forro, sendo a rede fixada diretamente na estrutura (vigas e lajes), dispensando assim a utilização de *sprinklers up right*;
- e) foi utilizado o sistema de tubo molhado considerando canalizações e conexões de aço galvanizado e o fluido a água;
- f) as redes, para fins de cálculo, não sofrerão interferência de vigas ou pilares, pois a edificação foi padronizada para prever chuveiros automáticos;
- g) o *sprinkler* ou chuveiro automático é do tipo *spray* de ½ polegada;
- h) a classificação adotada para a edificação proposta foi a ocupação de RISCO LEVE;

2.5 LIMITAÇÕES

São limitações do trabalho:

- a) os custos de materiais necessários para a montagem da rede serão estimados através de orçamentos de empresas conhecidas no mercado em Porto Alegre, e incluirá custos dos materiais, instalação e manutenção anual;
- b) os custos apresentados se referem à implantação de toda a rede.

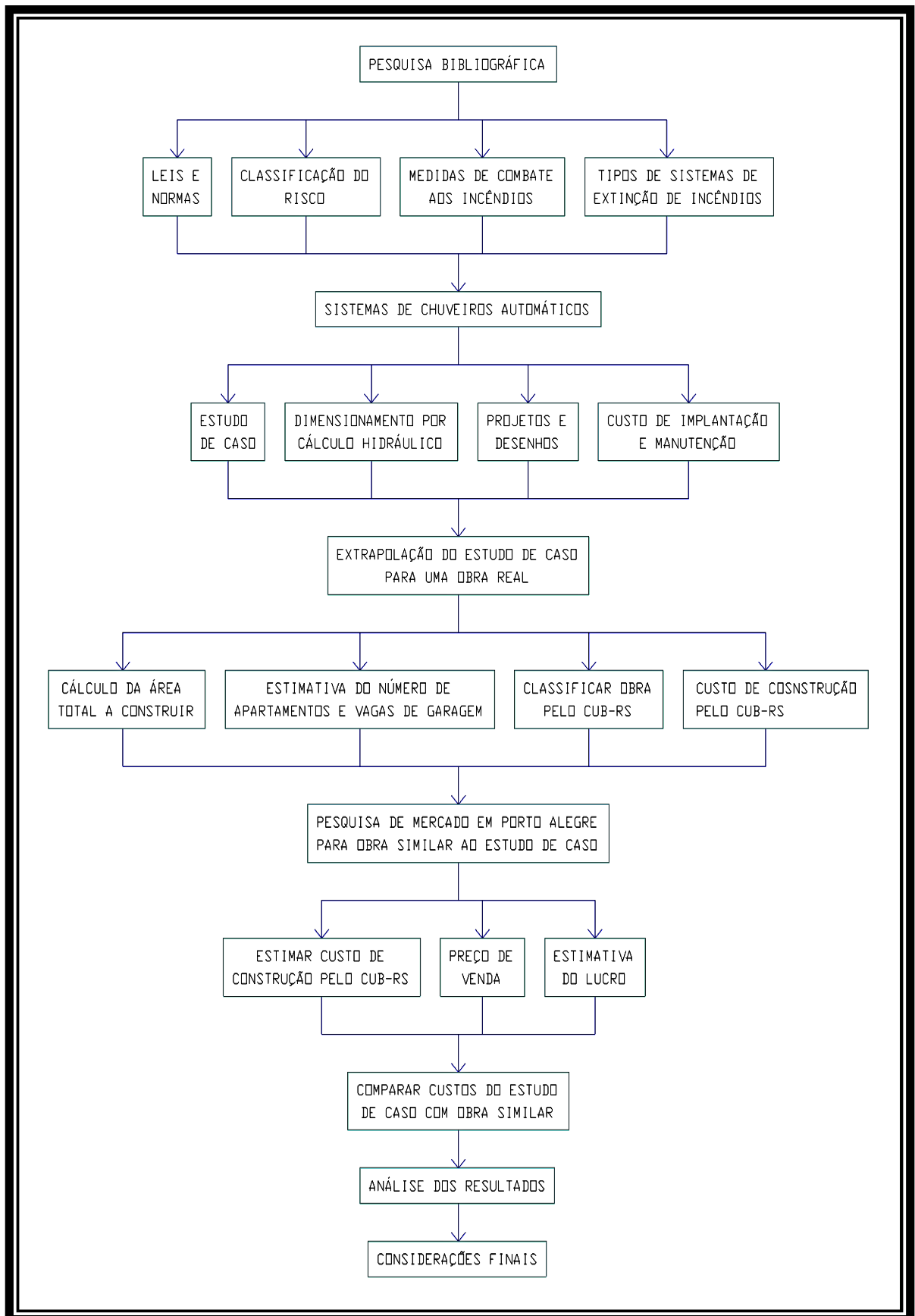
2.6 DELINEAMENTO

O trabalho foi realizado através das etapas apresentadas a seguir (figura 1):

- a) pesquisa bibliográfica: analisou-se a NBR 10897 e a Lei Complementar nº14.376 de dezembro de 2013, “Lei Kiss”, utilizando-se os seus critérios para classificar o grau de risco da garagem do subsolo residencial. Foram analisados os trabalhos de conclusão de curso de: Edison Viana Roque, Redução de custos de redes de *sprinklers*: otimização por cálculo hidráulico; Luiz Fernando C. Damasceno, Sistema de proteção contra incêndios por chuveiros automáticos de águas – estudo da tecnologia e aplicação; e Lauro Mario, Análise comparativa de custos entre os sistemas de distribuição de chuveiros automáticos de tubo molhado: Sistema aberto e sistema fechado.

- b) dos tipos de sistemas existentes de prevenção contra incêndios optou-se pela utilização dos chuveiros automáticos, os quais foram dimensionados através do cálculo hidráulico utilizando bibliografia específica;
- c) dimensionamento do sistema de chuveiros automáticos: foi definido o projeto de uma garagem em subsolo de um prédio residencial com o respectivo desenho da rede, mensurados as quantidades de chuveiros necessárias e calculados os respectivos diâmetros das canalizações;
- d) especificada a quantidade dos materiais efetuou-se a verificação dos valores de implantação. Obteve-se, através de empresa que realiza este tipo de obra, o custo para instalação de todo o sistema de chuveiros automáticos;
- e) análise dos custos: partindo do custo de instalação, comparou-se este com o valor aproximado de uma obra com área de apartamentos, compatível com a quantidade de vagas de garagens, juntamente com o valor aproximado de venda de todo o empreendimento;
- f) considerações finais: com o resultado comparativo, foi obtida uma visão parcial do custo real de implantação de chuveiros automáticos em uma garagem em um subsolo residencial.

Figura 1– Fluxograma das etapas da pesquisa



(fonte: elaborado pelo autor)

3 MEDIDAS DE SEGURANÇA NO COMBATE A INCÊNDIOS

As medidas de segurança relativas a um incêndio são regulamentadas por leis federais, estaduais e municipais. Participam deste conjunto normas que se aplicam para cada edificação, classificando-a para um grau de risco específico juntamente com as medidas necessárias para o combate inicial de um incêndio. Portanto, para o grau de risco de uma edificação, temos um tipo específico, definido em lei, de sistema para o combate inicial de um sinistro.

Para o professor Telmo Brentano (2016, p.57), em sua análise da legislação do Estado de São Paulo:

Para se determinar as medidas de proteção necessárias para uma edificação, ela deve ser classificada segundo sua:

- Ocupação ou uso;
- Altura da edificação
- Área Construída;
- Carga de incêndio
- Capacidade de lotação;
- Riscos especiais

Para o Rio Grande do Sul, a Lei Complementar nº 14.376 de dezembro de 2013 (SINDUSCON-RS, p.10) define em seu artigo 28:

Art. 28. As edificações e áreas de risco de incêndio serão classificadas considerando as seguintes características, conforme critérios constantes nas Tabelas dos Anexos A (Classificação) e B (Exigências):

- I - altura;
- II - área total construída;
- III - ocupação e uso;
- IV - capacidade de lotação;
- V - carga de incêndio.

Com esta premissa básica, dada pelo artigo 28, temos as características e critérios que irão definir o tipo de prevenção necessária para uma edificação.

3.1 LEI COMPLEMENTAR nº 14.376 – ANEXO A

Neste anexo da lei complementar nº 14.376 (SINDUSCON-RS, p.17-18-19-20), tem-se a classificação das edificações e áreas de risco quanto à ocupação, apresentando uma tabela que define:

- a) GRUPO – dado por letras de A até M;
- b) OCUPAÇÃO/USO – residencial (A), serviço de hospedagem (B), comercial (C), serviço profissional (D), educacional e cultura física (E), local de reunião de público (F), serviço automotivo e assemelhados (G), serviço de saúde e institucional (H), indústria (I), depósito (J), explosivo (L) e especial (M);
- c) DIVISÃO/DESCRIÇÃO – dado pela letra da ocupação seguida por um número: habitação unifamiliar (A-1), habitação multifamiliar (A-2), habitação coletiva (A-3); hotel e assemelhado (B-1), hotel residencial (B-2), etc.;
- d) EXEMPLOS – tipifica o tipo de edificação para classificação: para A-2 temos edifícios de apartamentos em geral, para D-2 temos agências bancárias e assemelhadas, etc..

A lei, em seu anexo A, apresenta tabela com a classificação das edificações quanto à altura, que é reproduzida na tabela 1:

Tabela 1-Classificação quanto à altura

Classificação das edificações quanto à altura

Tipo	Altura
I	Térrea
II	$H \leq 6,00\text{m}$
III	$6,00 \text{ m} < H \leq 12,00\text{m}$
IV	$12,00 \text{ m} < H \leq 23,00\text{m}$
V	$23,00 \text{ m} < H \leq 30,00 \text{ m}$
VI	Acima de 30,00 m

(fonte: Lei Complementar nº 14.376, dezembro de 2013, p.20)

Neste mesmo anexo A, a lei apresenta a classificação das edificações e áreas de risco quanto à carga de incêndio, que é reproduzida na tabela 2:

Tabela 2-Classificação quanto à carga de incêndio

Classificação das edificações e áreas de risco quanto à carga de incêndio

Risco	Carga de incêndio MJ/m²
Baixo	Até 300 MJ/m ²
Médio	Entre 300 e 1200 MJ/m ²
Alto	Acima de 1200 MJ/m ²

(fonte: Lei Complementar nº 14.376, dezembro de 2013, p.20)

Segundo a Lei Complementar nº 14.376 (SINDUSCON-RS, p.3), a carga de incêndio é definida como:

X – carga de incêndio é a soma das energias caloríficas possíveis de serem liberadas pela combustão completa de todos os materiais combustíveis contidos num ambiente, pavimento ou edificação, inclusive o revestimento das paredes, divisórias, pisos e tetos;

Em complemento quanto à carga de incêndio, a lei apresenta a Tabela 3.1: Classificação das edificações e áreas de risco quanto à carga de incêndio específicas por ocupação (SINDUSCON-RS, p.21-22-23-24-25-26), e também a Tabela 3.2: Classificação das edificações e áreas de risco quanto à carga de incêndio relativa à altura de armazenamento (depósitos) (SINDUSCON-RS, p.27-28).

3.2 LEI COMPLEMENTAR nº 14.376 – ANEXO B

Neste anexo da lei complementar nº 14.376, estão definidas as exigências em relação às medidas de segurança contra incêndios, as quais são divididas por: área, altura e grupo de ocupação e uso. O Corpo de Bombeiros Militar do Rio Grande do Sul (CBMRS) tem no seu sítio da *internet* as instruções técnicas (em parte adotadas do Corpo de Bombeiros de São Paulo) que definem os parâmetros necessários das edificações para o devido cumprimento da lei (cbm.rs.gov.br). Para edificações com área maior a 750 metros e altura superior a 12 metros são obrigatórias as providências listadas abaixo:

- a) Acesso de viatura na edificação: o CBMRS (Corpo de Bombeiros Militar do Rio Grande do Sul) adota a instrução técnica nº 6/2011 que define que a edificação deve estar projetada para as dimensões mínimas de acesso das viaturas do corpo de bombeiros com 6 metros de largura em todas as fachadas e altura no acesso de entrada com 4,5 metros. Exige ainda, que a pavimentação suporte uma carga de 25 toneladas para dois eixos;
- b) Segurança estrutural contra incêndio: o CBMRS adota a instrução técnica nº 8/2011 para este item de segurança juntamente com as normas brasileiras referentes ao concreto e ao aço, que determinam o tempo requerido de resistência ao fogo (TRRF). Estes itens estão presentes nos projetos do cálculo estrutural da edificação, através de coeficientes de segurança, e na obra com a verificação da resistência do aço e do concreto fornecidos pelos fabricantes, através de ensaios específicos. No geral, as estruturas devem resistir no mínimo 60 minutos antes de entrarem em colapso, proporcionando tempo suficiente para a evacuação da edificação. Os valores de tempo se alteram, para mais, conforme a classificação de risco e altura da edificação.
- c) Compartimentação horizontal e vertical: o CBMRS adota a instrução técnica nº 9/2011 para a compartimentação. A compartimentação horizontal é constituída dos seguintes elementos construtivos – paredes corta-fogo de compartimentação; portas, vedadores, registros e selos corta-fogo e afastamento horizontal entre aberturas. A compartimentação vertical é constituída dos seguintes elementos construtivos – entrespisos corta-fogo; enclausuramento de escadas por meio de parede corta-fogo de compartimentação; enclausuramento de elevadores e monta-carga por meio de porta para-chama; selos, registros e vedadores corta-fogo; os elementos construtivos corta-fogo e para-chama de separação vertical entre pavimentos

consecutivos e selagem perimetral corta-fogo. O grau de risco da edificação e sua utilização definem quais compartimentações serão necessárias para a segurança da mesma.

- d) Controle de materiais de acabamento e revestimento (CMAR): o CBMRS adota a instrução técnica nº 10/2011 para o controle de materiais de acabamento nas edificações. Destina-se a estabelecer padrões para o não surgimento de condições propícias do crescimento e da propagação de incêndios, bem como da geração de fumaça. O CMAR será exigido em razão da ocupação e uso, e em função da posição dos materiais de acabamento, materiais de revestimento e materiais termo acústicos, visando – pisos, paredes, divisórias, tetos, forros e coberturas.
- e) Saídas de emergência: o CBMRS adota a resolução técnica nº 11/2016 para estabelecer os requisitos mínimos necessários para o dimensionamento das saídas de emergência para que a população possa abandonar a edificação, em caso de incêndio ou pânico, de forma segura e permitir o acesso dos bombeiros para o combate ao fogo ou retirada de pessoas. A saída de emergência compreende o seguinte: acessos ou rotas de saídas horizontais, escadas ou rampas, elevadores de emergência e descarga. Para o dimensionamento das saídas, a resolução classifica a edificação quanto à ocupação e à altura.
- f) Brigada de incêndio: o CMBRS adota a resolução técnica nº 11/2014 que estabelece os requisitos mínimos para a composição, formação, implantação e reciclagem de brigadas de incêndio, preparando-as para atuar na prevenção e no combate ao princípio de incêndio, abandono de área e primeiros socorros, visando, em caso de sinistro, proteger a vida e o patrimônio. O grupo formado para a brigada de incêndio deve participar de treinamento específico, conforme o tipo e uso da edificação, com carga horária mínima definida nesta resolução técnica.
- g) Iluminação de emergência: o CBMRS adota a resolução técnica nº 5/2016 e tem como função básica iluminar as saídas de emergência e os ambientes, reconhecendo possíveis obstáculos para evitar acidentes e garantir o abandono seguro de todas as pessoas da edificação, assim como iluminar os locais onde existam equipamentos de combate ao fogo de operação manual, na falta ou corte da energia elétrica.
- h) Alarme de incêndio: dado pela NBR ISO 7240-20/2016 e serve para aviso de um incêndio, sonoro e/ou luminoso, originado por uma pessoa ou por um sistema automático, destinado a alertar as pessoas sobre a existência de um incêndio em determinada área da edificação. A classificação do grau de risco da edificação determinará o tipo de sistema que deverá ser adotado, manual ou automático.
- i) Sinalização de emergência: o CBMRS adota a resolução técnica nº 5/2016 e a sinalização de emergência tem como finalidade, alertar para os riscos existentes, garantir que sejam adotadas ações adequadas à situação de risco, orientar as ações de combate e facilitar a localização dos equipamentos e das rotas de saída para abandono seguro da edificação em caso de incêndio e pânico.
- j) Extintores: o CBMRS adota a resolução técnica nº 5/2016 definindo extintores como equipamentos de segurança que tem a finalidade de extinguir ou

controlar princípios de incêndios em casos de emergência. Dependem da área e do tipo de uso da edificação. Os extintores são definidos por classes, de 1 até 4, que especificam o líquido extintor adequado para o tipo de combustível a ser extinto.

- k) Hidrante e Mangotinho: são sistemas hidráulicos de operação manual, fixados na estrutura do prédio, formados por uma rede de canalizações e caixas de incêndio que contém os equipamentos necessários para levar a água da fonte de suprimento até o local onde o fogo deve ser combatido em uma situação de incêndio. Dependem da ação do homem, por isso são chamados de sistemas sob comando. O Sistema de Mangotinho é constituído por tomadas de incêndio distribuídas pela edificação, nas quais há uma saída de água contendo válvula de abertura rápida com mangueira semirrígida de 25 mm acoplada a ela, é utilizado em edificações de risco leve em virtude de este equipamento ser simples, prático e fácil de ser utilizado pelos próprios ocupantes da edificação. O Sistema de Hidrante é constituído por tomadas de incêndio distribuídas pela edificação, nos quais pode haver uma ou duas saídas de água, de acordo com a classe de risco da ocupação. As tomadas são formadas por válvulas angulares de 40 mm ou 65 mm (diâmetro nominal), de acordo com o diâmetro da mangueira de hidrante, que é flexível e achatada com os seus respectivos adaptadores e tampões. Todo o sistema pode estar abrigado em caixas de incêndio exclusivas. A NBR 13714/2011 define, em função da ocupação e risco, qual tipo de sistema deve ser utilizado.
- l) Chuveiros automáticos: será visto mais detalhadamente nos capítulos seguintes deste trabalho.
- m) Controle de fumaça: o CBMRS utiliza a Instrução Técnica nº 15/2011 do estado de São Paulo e aplica-se ao controle de fumaça de átrios, *malls*, subsolos, espaços amplos e rotas horizontais, visando à manutenção de um ambiente seguro nas edificações, durante o tempo necessário para abandono do local sinistrado, evitando os perigos de intoxicação e falta de visibilidade pela fumaça; o controle e redução da propagação de gases quente e fumaça entre a área incendiada e áreas adjacentes, baixando a temperatura interna e limitando a propagação do incêndio; prever condições dentro e fora da área incendiada que irão auxiliar nas operações de busca e resgate de pessoas, localização e controle do incêndio. As tabelas no anexo A desta instrução técnica indicam, por ocupação, as partes da edificação que devem possuir controle de fumaça.

Dos sistemas citados acima, o chuveiro automático será utilizado para o estudo de caso em análise neste trabalho, sendo necessário um detalhamento mais aprofundado de seus componentes, modos de instalação, equipamentos de apoio, maneiras de operação, etc., o que será apresentado nos capítulos seguintes.

3.3 CLASSIFICAÇÃO DE OCUPAÇÃO DAS EDIFICAÇÕES

A lei complementar nº 14.376, de 26 de dezembro de 2013 (atualizada até a lei complementar nº 14.924, de setembro de 2016) 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 10897 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2014) revisada, classifica as edificações em classes de risco, segundo as suas ocupações.

3.3.1 Ocupações de risco leve

Conforme a NBR 10897 (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 à moderada, e onde é esperada uma taxa de liberação de calor de baixa a média.

Nesta classificação o Anexo A da NBR 10897 (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 (1°, 2° e 3° 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)

3.3.2 Ocupações de risco ordinário

Nesta classificação o risco é considerado moderado e a NBR 10897/2014 a subdivide em dois grupos especificando, além da combustibilidade e taxa de liberação de calor, a altura máxima para armazenamento.

3.3.2.1 Ocupações de risco ordinário – Grupo I

Conforme a NBR 10897 (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 10897 (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)

3.3.2.2 Ocupações de risco ordinário – Grupo II

Conforme a NBR 10897 (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 3,7m. São esperados incêndios com alta taxa de liberação de calor.

Nesta classificação, o Anexo A da NBR 10897 (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 estábulos fabricação de produtos de couro bibliotecas – áreas de prateleiras altas áreas de usinagem indústria metalúrgica lojas fábricas de papel e celulose processamento de papel píeres 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)

3.3.3 Ocupações de risco extra ou extraordinário

Nesta classificação a NBR 10897 (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.

3.3.3.1 Ocupações de risco extra ou extraordinário – Grupo I

Conforme a NBR 10897 (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 são muito altas, 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 podem possuir líquidos combustíveis e inflamáveis.

Nesta classificação, o Anexo A da NBR 10897 (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)

3.3.3.2 Ocupações de risco extra ou extraordinário – Grupo II

Conforme a NBR 10897 (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 10897 (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)

3.3.4 Ocupações de risco especial

Segundo Brentano (2016, p.219) as ocupações de risco especial são definidas como:

[...] são ocupações ou parte das ocupações de edificações, comerciais ou industriais, onde se armazenam líquidos combustíveis e inflamáveis, e produtos de alta combustibilidade, como borracha, papel e papelão, espumas celulares, etc., ou materiais comuns em alturas superiores a 3,7 metros (12 *ft*), [...]

A NBR 10897 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2014, p.93-94) não classifica e não trata deste tipo de ocupação, apenas recomenda, em seu anexo A.2, algumas normas internacionais, 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 415, NFPA 484.”

3.4 TRIÂNGULO DO FOGO

Para o início de uma combustão são necessários três elementos principais: o combustível (qualquer elemento que possa pegar fogo à temperatura ambiente), o comburente (o oxigênio que vai alimentar a chama) e a energia de ativação (elemento que pode ser representado por uma fonte de calor). Temos o quarto elemento, que é a reação em cadeia e que, juntamente com os três elementos anteriores, formam o tetraedro do fogo (figura 2). Este último é o principal elemento para que o fogo se mantenha e se propague e, sem o qual, teremos apenas um fogo localizado e de fácil controle.

Figura 2–Tetraedro do fogo



(fonte: ESCOLA NACIONAL DE BOMBEIROS, VOLUME VII, 2006, p.15)

A extinção da combustão corresponde à eliminação ou redução de pelo menos um dos componentes do tetraedro do fogo através de quatro métodos teóricos de extinção:

- a) o arrefecimento ou redução da temperatura consiste em eliminar a energia provocando-se uma diminuição da temperatura do combustível;
- b) carência ou dispersão do combustível (remoção do combustível);
- c) limitação do comburente por asfixia ou abafamento;
- d) inibição ou ruptura da reação em cadeia.

De acordo com Ferreira (1987, v. 5) o principal benefício na extinção de um incêndio com aplicação de água é a absorção do calor (arrefecimento).

A água é o agente extintor que proporciona a melhor absorção de calor, sendo que o efeito extintor pode ser aumentado ou diminuído, conforme o estado em que é dirigida sobre o fogo. Pode agir quanto ao método de extinção por: resfriamento, abafamento e emulsificação. Pode ser aplicada de três formas básicas: jato compacto, neblina e vapor.

Em função dos vários tipos de combustíveis, temos uma classificação para os mesmos, facilitando a utilização dos tipos de agentes extintores para os casos específicos de incêndio:

- a) classe A – fogo de materiais combustíveis sólidos;
- b) classe B – fogo envolvendo líquidos ou gases inflamáveis, plásticos e graxas que se liquefazem pela ação do calor;
- c) classe C – equipamentos e instalações elétricas energizadas;
- d) classe D – metais combustíveis como magnésio, titânio, alumínio, zircônio, sódio, potássio e lítio.

Existem vários tipos de agentes extintores, e cada um com uma função específica no controle de incêndios. Utiliza-se dióxido de carbono (CO₂) para incêndios de classe B e C sendo mais eficiente na C, espumas (química ou mecânica) para classes A e B sendo mais eficiente na B; hidrocarbonetos hidrogenados (halon) e os pós-químicos, dependendo de sua formulação, servem para todas as classes. Entretanto, a água pela sua facilidade de transporte, armazenamento, aplicação, grande disponibilidade e baixo custo se torna o agente extintor mais usado, sendo sua utilização específica para as classes A e B. Existem aditivos misturados à água que basicamente melhoram sua eficiência no arrefecimento da temperatura do combustível.

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;
- c) compressibilidade – a água pode ser considerada como um líquido incompressível, esta propriedade permite que se possa utilizá-la em altas pressões sem considerável perda de volume. Para redução de 1% do volume d'água são necessárias aproximadamente 200 atmosferas

4 CHUVEIRO AUTOMÁTICO

O primeiro chuveiro automático ou *sprinkler* funcional foi criado e patenteado nos Estados Unidos por Henry Parmelee em 1872 (ROBINSON, 2011). Em 1874, Parmelee fez sua primeira instalação comercial em sua fábrica de pianos e, apesar de todos os esforços, não conseguiu difundir a ideia para instalação em outras fábricas. Em 1869, o projetista e engenheiro Frederick Grinnell comprou a licença para produção dos *sprinklers* de Parmelee e, após alguns anos de pesquisa, aperfeiçoou o invento e fez o registro do novo modelo em 1881. O novo sistema aprimorado de Grinnell era mais barato, podia aguentar maiores pressões e fazia uma distribuição melhor da água, obtendo um sucesso comercial imediato na Inglaterra e posteriormente nos Estados Unidos (SÓ BIOGRAFIAS, 2017). Os chuveiros automáticos utilizados hoje em dia (figura 3) são muito similares ao modelo utilizado por Grinnell.

Figura 3–Modelo de *sprinkler*



(fonte: FIRE PROTECTION 24, 2017)

A Associação Brasileira de Normas Técnicas define chuveiros automáticos (ABNT, 2017):

Os chuveiros automáticos são dispositivos com elementos termo sensíveis projetados para serem acionados em temperaturas pré-determinadas, lançando automaticamente água sob a forma de aspersão sobre determinada área, com vazão e pressão especificadas, para controlar ou extinguir um foco de incêndio.

A partir do momento em que o sprinkler tornou-se comercialmente viável, várias pesquisas posteriores aumentaram sua eficiência e amplitude de ação. Além da água, como agente extintor, criaram-se alternativas para gases quando o uso da mesma seja desaconselhável, como em museus e bibliotecas e também para casos em que a água possa criar uma reação química indesejada ou congelar.

4.1 FUNCIONAMENTO DO *SPRINKLER*

O chuveiro automático ou *sprinkler* é utilizado para o combate inicial ou extinção de um foco de incêndio com baixa intensidade calorífica. Por ter acionamento automático, independe da ação humana e, portanto, permite um maior controle de um sinistro que, por sua natureza, poderia se tornar incontrolável. Consiste, basicamente, na aplicação de água sob a forma de gotículas pulverizadas sobre as chamas e sobre a matéria em combustão geradora do incêndio, evitando a sua propagação.

4.2 COMPONENTES DO *SPRINKLER*

A estrutura do chuveiro automático ou *sprinkler* é composta de quatro elementos básicos: temos o corpo metálico, um obturador, um elemento termo sensível e um difusor (também chamado de defletor), conforme figura 4. Após ser acionado, promove o lançamento de um fluido (para este caso a água) a alta pressão, na forma de gotas d'água, sobre uma determinada área promovendo o controle ou a extinção do foco de incêndio até a chegada da brigada de incêndio ou do corpo de bombeiros.

Figura 4– *Sprinkler* tipo *spray*



(fonte: REVISTA CIENTIFICA APRENDER, 2012)

4.2.1 Corpo

É a estrutura que contém a rosca para sua fixação na canalização de água, braços e orifícios de descarga, e serve como suporte dos demais componentes.

4.2.2 Obturador

É um pequeno disco metálico destinado à vedação do orifício de descarga de água no chuveiro automático na condição normal de temperatura do local de sua instalação, mantido comprimido pelo elemento termossensível.

4.2.3 Elemento termossensível

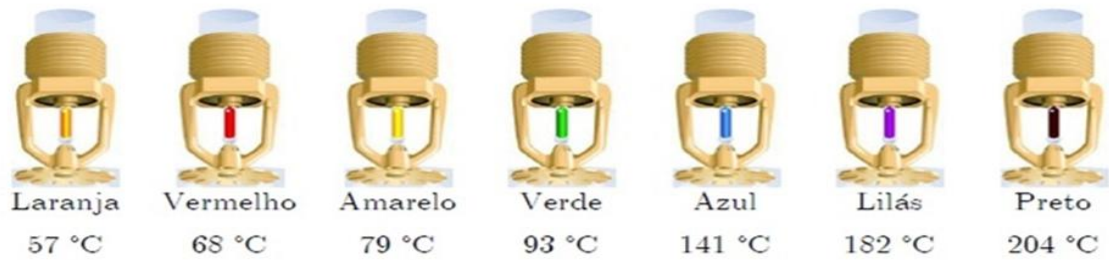
É o componente destinado a liberar o obturador e permitir a passagem da água quando o local atingir a faixa de temperatura de seu acionamento. Pode ser um fusível de liga metálica especial de ponto de fusão muito baixo ou uma ampola de vidro, que possui um líquido especial no seu interior altamente expansível com o calor. O elemento mais utilizado no mercado é o de 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 (figura 5) de acordo com a tabela 8.

Tabela 8—Elemento sensível tipo ampola de vidro

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

(fonte: ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2015)

Figura 5– *Sprinkler* com ampola de vidro

(fonte: BOMBEIROS WALDO, 2017)

4.2.4 Difusor ou defletor

É um disco metálico com ranhuras e diferentes formatos, preso à estrutura do chuveiro, sobre o qual incide o jato líquido sob pressão, após a remoção do obturador. Serve para criar um cone de aspersão do líquido sobre a área de proteção pretendida.

Brentano (2016, p.221) nos informa sobre a forma de aspersão como segue:

O jato sólido pode ser ascendente, descendente ou horizontal para atingir o defletor e formar o cone de aspersão, de acordo com o tipo de chuveiro adotado no projeto, em pé, pendente ou lateral, respectivamente.

4.3 FORMAS DE OPERAÇÃO DOS CHUVEIROS AUTOMATICOS

Segundo Brentano (2016, p.230 a p.235), existem vários tipos de *sprinklers*, os principais são:

- a) **chuveiro automático de “Cobertura Padrão” (*Spray Sprinkler - SS*):** O chuveiro automático de Cobertura Padrão é do tipo Padrão [...] que pode ser utilizado nas posições “pendente”, “em pé” ou “lateral”. [...] O chuveiro automático pendente ou em pé 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 teto. [...] É o chuveiro automático que tem a maior utilização, pois pode ser usado em todas as classes de riscos, em todos os tipos de construções e de sistemas de chuveiros automáticos: Canalização Molhada, Canalização Seca e Ação Prévia ou Pré-Ação, [...] O chuveiro automático lateral projeta a maior parte do jato de água para frente para atingir o defletor e uma pequena parte para trás, [...];
- b) **chuveiro automático de “Cobertura Estendida ou Extensiva” (*CE*) (*Extended Coverage Sprinkler- EC*):** O chuveiro automático de Cobertura Estendida (CE) ou Extensiva, ou ainda de Amplo Alcance (AA), é um chuveiro automático do tipo Padrão que tem a capacidade de proteção sobre uma área maior que as dos demais tipos de chuveiros automáticos devido ao formato especial de seu defletor [...]. Comparando com os chuveiros automáticos de Cobertura Padrão, sua área de cobertura é de até 70% maior. Podem ser usados alternativamente quando se quer diminuir o número de chuveiros automáticos sobre a área a ser protegida, [...] podem ser usados [...], de uma forma bem geral,

em ocupações de riscos Leve, Ordinário e Extraordinário, nesta última classe de risco quando necessário e sob certas condições. [...]

- c) **chuveiro automático de Controle para Aplicações Específicas (CCAЕ):** [...] capazes de combater/controlar vários cenários de incêndios de alta intensidade. O chuveiro automático de Gotas Grandes (GG), ou *Large Drops* (LD) em inglês, [...] é o seu principal representante. Os chuveiros automáticos CCAE se caracterizam por produzir gotas grandes e grande densidade (vazão sobre área) de aplicação de água e com variações dos diâmetros dos orifícios de descarga de água para o controle específico de incêndios de alta intensidade em alguns cenários de fogo. Possui defletor grande com largos dentes espaçados para facilitar a criação de grandes gotas de água, que tem a capacidade de penetrar de forma mais rápida em altas correntes ascendentes de chamas e de calor geradas por fogos de grande intensidade, sem possibilidades de rápida evaporação, fazendo com que uma boa quantidade de água atinja o material em chamas;
- d) **chuveiro automático de “Orifício Extragrande” (ELO) (*Extra Large Orifice sprinkler - ELO*):** Os chuveiros automáticos de Orifício Extragrande são capazes de produzir uma grande densidade de aplicação de água sobre o fogo com uma necessidade de pressões mais 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 50 kPa ou 5 m.c.a (7,2 psi), podendo, com isso, eliminar até a necessidade de bombas e seus acessórios dependendo da pressão necessária, redução do diâmetro e o aumento dos espaçamentos entre os sub-ramais, diminuindo o custo total da instalação;
- e) **chuveiro automático de Resposta e Extinção Rápidas (ESFR) (*Early Suppression and Fast Response sprinkler-ESFR*):** O chuveiro automático de Resposta e Extinção Rápidas [...] tem uma ação combinada de tempo e velocidade de resposta térmica extremamente rápida e a qualidade e uniformidade da descarga de água. Eles são indicados para serem usados em incêndios de alta intensidade de fogo e de calor. [...] Ele 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. [...] Caracterizam-se por produzir um padrão de distribuição de água bem amplo, simétrico e hemisférico, mantendo, ao mesmo tempo, um jato central de água com grande pressão, capaz de penetrar e extinguir o fogo nas áreas mais baixas entre os empilhamentos altos;
- f) **chuveiro automático “Residencial” (*Residencial Sprinkler*):** chuveiro automático residencial é um chuveiro automático de Resposta Rápida (RR) usado nas instalações de proteção contra incêndios de edificações tipicamente residenciais uni familiares, [...], além de possuir um sensor de acionamento de resposta rápida, produz um padrão de descarga de aspersão de água superior aos chuveiros automáticos do tipo padrão. Os chuveiros automáticos residenciais são testados para permitir que nesses locais os níveis mínimos medidos de segurança da vida sejam garantidos até a altura de 1,5 m (5ft) acima do piso, com o controle da temperatura, do oxigênio e do monóxido de carbono do ambiente.

4.4 ORIENTAÇÃO QUANTO A FORMA DE INSTALAÇÃO

Segundo Brentano (2016, p.227) “os chuveiros automáticos podem ser instalados em várias posições e para cada uma delas tem um formato de defletor apropriado.” Portanto, os chuveiros são classificados como:

- a) pendente (*pendent* = para baixo): é um *sprinkler* projetado para ser utilizado em uma posição em que o jato d'água é dirigido para baixo em direção ao defletor. Pode ser instalado no teto de forma aparente, embutido (com invólucro), oculto (embutido com tampa decorativa) e tipo *flush* (somente defletor aparente). Conforme a figura 5 (item 2) temos o tipo pendente aparente;
- b) em pé (*upright* = para cima): é um *sprinkler* projetado para ser instalado na posição vertical onde o jato d'água é dirigido para cima para atingir o defletor formando uma aspersão de água do tipo guarda chuva. Utilizado para quando as canalizações de água são aparentes no teto, como em garagens, subsolos, depósitos e todo o tipo de edificação onde a canalização aparente não seja um fator arquitetônico importante, conforme a figura 5 (item 1);
- c) lateral (*sidewall* = de parede): é um *sprinkler* para ser instalado em paredes onde o jato d'água se projeta para frente para atingir o defletor, formando um quarto de esfera, e uma parte mínima para trás em direção à parede. Indicados para ambientes estreitos tipo corredores, áreas de serviço, saguões ou então, salas de jantar, dormitórios de hotéis, e outros, onde oferecem uma proteção mais eficiente, de acordo com a figura 6 (item 3).

Figura 6—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* pendente devido à escolha metodológica de utilização do sistema aberto com canalizações de tubo molhado e também por ser o chuveiro automático mais utilizado comercialmente fazendo com que o custo para instalação e manutenção de todo o sistema seja menor do que se fosse utilizado o tipo em pé “*upright*”, que é o mais indicado para garagens onde as tubulações são aparentes.

4.5 VAZÃO DE DESCARGAS PARA CHUVEIROS AUTOMÁTICOS

A vazão de água num chuveiro automático depende das características do mesmo e é representada pelo seu fator de vazão “K” e da pressão d’água.

O fator K é uma constante que define a capacidade de descarga de água de um chuveiro automático. Esta descarga representa uma constante de proporcionalidade entre a vazão e a pressão nos orifícios de saída dos chuveiros, variando conforme o diâmetro dos orifícios e da marca do *sprinkler*. Pode ser calculado pela fórmula 1:

$$Q = K \cdot \sqrt{P} \quad (\text{fórmula 1})$$

Onde:

Q = vazão (l/min)

K = Fator K (l/min/mca^{1/2})

P = Pressão (kPa)

A NBR 10897 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2014, p. 11) regulamenta os valores do fator K conforme a tabela 9 abaixo:

Tabela 9—Identificação das características de descargas dos chuveiros automáticos

Fator nominal K		Diâmetro nominal da rosca
L/min/bar ^{1/2}	gpm/psi ^{1/2}	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)

5 SISTEMAS DE CHUVEIROS AUTOMÁTICOS

Para a grande maioria dos dicionários, um sistema é definido como a combinação de elementos que se interligam de modo a formar um todo organizado. Neste caso particular para chuveiros automáticos, um sistema de chuveiros automáticos é a reunião de equipamentos específicos que, funcionando em conjunto, atuam na prevenção automática do princípio de um incêndio.

Segundo Brentano (2016, p.215) um sistema de chuveiros automáticos pode ser definido como:

[...] é um sistema hidráulico de combate a incêndios rigidamente fixado na estrutura da edificação, constituído por chuveiros automáticos (*sprinklers*) regularmente distribuídos por uma ou mais redes de canalizações, de acordo com a área da edificação, comandados por válvulas automáticas de controle exclusivas, que também acionam um alarme simultaneamente. Esses chuveiros automáticos são conectados nas canalizações que formam as redes hidráulicas, ativados pelo calor do fogo de forma individual por sensores exclusivos, que descarregam água sobre a área de incêndio, com vazões, pressões e áreas de cobertura determinadas por norma de acordo com o grau de risco, a partir de um sistema de bombas de incêndio de acionamento automático e de uma reserva de água exclusivos.

5.1 TIPOS DE SISTEMAS

Os sistemas de *sprinklers*, para Brentano (2016, p.340) e Macintyre (2010, p.270), podem ser classificados em quatro categorias básicas, sendo que outras categorias são apenas variantes destes sistemas; que são: sistema de pré-ação ou ação prévia, sistema de canalização molhada, sistema de dilúvio e sistema de canalização seca.

Para a NBR 10897 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2014), os sistemas de chuveiros automáticos não apresentam uma classificação específica como estava em sua versão de 1990, recebendo agora, apenas uma definição: nomenclatura de sistemas de chuveiros automáticos (item 3.20 da NBR 10897, 2014, p.5). São elas: ação prévia, anel fechado, dilúvio, grelha, sistema calculado por tabela, sistema projetado por cálculo hidráulico, tubo molhado e tubo seco. Nesta definição estão incluídas as quatro categorias especificadas por Brentano e Macintyre, sendo que as outras apresentações referem-se na maneira de distribuição da água no sistema e a escolha do tipo de cálculo, que pode ser por tabela ou projetado.

5.1.1 Sistema de ação prévia

Também chamado de pré-ação, é formado por uma malha de chuveiros conectados e espaçados regularmente dentro da rede, contendo ar ou gás nitrogênio pressurizado no seu interior em pequenas quantidades.

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 (2010, p.270) esclarece e especifica a utilização de um sistema de ação prévia ou de “pré-ação” como:

É 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*, colocados no mesmo local que os *sprinklers*. A pronta ação dos detectores ao início de um incêndio abre uma válvula que permite o escoamento da água pelo sistema, de modo que, ao romper o bulbo do *sprinkler*, ela se escoe imediatamente. [...]

Somente após o sistema ser ativado, através dos sensores de detecção, e pelo menos um dos chuveiros entrar em ativação, é que a água entra na tubulação para combate ao foco de incêndio. Isto evita água indesejada em caso de rompimento acidental da tubulação ou de um chuveiro automático.

5.1.2 Sistema de canalização molhada

É o sistema mais simples e comum dos quatro sistemas abordados. Por ser de fácil dimensionamento e manutenção, é o mais utilizado pelos projetistas para o combate inicial de um princípio de incêndio. Por estar com as tubulações com água, sua aplicação se restringe aos ambientes com temperaturas acima de 4° C. Não sendo utilizado, portanto, em câmaras frigoríficas ou refrigeradas.

De acordo com a 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 contenha 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 (2010, p.270) esclarece e especifica a utilização de um sistema como:

[...] as tubulações 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 [...].

5.1.3 Sistema de dilúvio

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 (2010, p.270) esclarece e especifica a utilização de um sistema 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, que permite o escoamento da água até os *sprinklers*, os quais atuarão simultaneamente. A válvula deve também poder abrir e fechar manualmente. É preciso notar que somente em casos especiais deve-se usar este sistema, pelas consequências que advêm da *inundação* de uma área considerável.

Este sistema é recomendado para áreas de grande risco, onde o desenvolvimento e a propagação das chamas ocorrem muito rapidamente, como em hangares, centrais elétricas, instalações petroquímicas, etc. Pelo fato de todos os chuveiros funcionarem ao mesmo tempo, existe a necessidade de um suprimento de água muito maior que os demais sistemas, sendo obrigatório o dimensionamento por cálculo hidráulico.

5.1.4 Sistema de tubo seco

De acordo com a 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 (2010, p.270) define um sistema de tubo seco àquele utilizado em locais onde possa ocorrer o congelamento da água nas canalizações:

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. Este sistema é aplicado geralmente em locais de clima que possa determinar o congelamento da água nos encanamentos, principalmente em instalações exteriores.

O funcionamento eficiente do sistema depende de outros elementos, adicionados em conjunto com todo o equipamento instalado, que aceleram a saída do gás da tubulação e permita a passagem da água. Para grandes instalações, esta velocidade pode se tornar importante, pois pode retardar o funcionamento do chuveiro em pontos distantes com conseqüente aumento dos riscos e acionamento de mais chuveiros que o necessário.

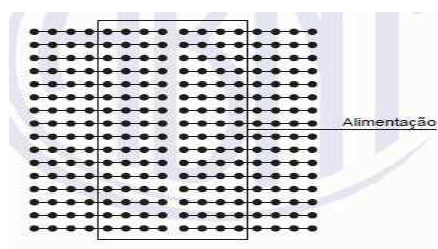
Os quatro sistemas acima representam os tipos básicos de funcionamento para os chuveiros automáticos, a seguir serão vistos duas possibilidades distintas de instalação dos mesmos. A maneira de como se fornecerá a água ao sistema pode representar uma economia substancial no que diz respeito aos diâmetros das canalizações, e na eficiência de todo o sistema durante a ocorrência de um sinistro.

5.1.5 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 7, é definido como um:

[...] sistema de chuveiros automáticos no qual tubulações subgerais 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 7 – Sistema tipo anel fechado



(fonte: ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2014)

Brentrano (2016, p.254), classifica os tipos de distribuição das redes como disposições básicas da rede hidráulica, definindo a de anel fechado como:

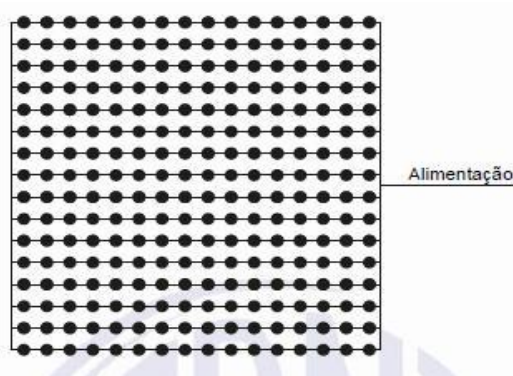
[...] são aquelas em que um ramal (*cross main*), que alimenta os sub-ramais, forma um anel em torno desses sub-ramais, que estão ainda no formato de espinha de peixe igual à rede hidráulica aberta. Nesta forma, a água pode seguir uma rota de escoamento nos dois sentidos do anel para alimentar o sub-ramal do chuveiro automático que entrou em operação. A vantagem do sistema em anel é que se pode ter o controle por bloqueio de partes do anel ficando as outras ainda em operação, quando houver uma manutenção ou outra necessidade de bloqueio.

5.1.6 Sistema tipo grelha

De acordo com a Norma NBR 10897 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2014, p.5) um sistema de grelha, figura 8, 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 sub gerais [...]

Figura 8– Sistema Tipo Grelha



(fonte: ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2014)

Para Brentano (2016, p.256), a rede de distribuição do tipo grelha:

[...] são aquelas em que os sub-ramais estão conectados aos ramais (*cross mains*) ou subgerais formando um reticulado, criando múltiplos caminhos de escoamento de água. Nesta forma, os chuveiros automáticos conectados aos sub-ramais são alimentados por seus dois lados, diminuindo consideravelmente os diâmetros dos segmentos de canalização entre eles. A rede em grelha resulta numa instalação bem mais econômica. [...] Devido à complexidade de alguns sistemas, os cálculos só podem ser feitos por computador.

5.2 ELEMENTOS DE UM SISTEMA DE *SPRINKLERS*

Segundo Brentano (2016, p.251) um sistema de chuveiros automáticos é constituído como um sistema fixo 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 à disposição.
- b) **sistema de bombas:** o sistema de bombas é necessário quando o sistema de chuveiros automáticos não pode ser abastecido por gravidade, por não atender às condições mínimas de pressão requeridas por norma.[...] pode ser alimentado por reservatório superior, mas, neste caso, sempre necessitando de reforço de pressão de um sistema de bombas para completar a pressão mínima necessária nos chuveiros automáticos mais desfavoráveis da instalação, [...].
- c) **sistema de controle de alarme:** É o sistema que controla o escoamento de água para a rede de distribuição através de válvulas especiais, chamadas de válvulas automáticas de controle, que acionam o sistema de alarme simultaneamente, [...].
- d) **rede hidráulica de distribuição:** É a rede formada por canalizações fixas distribuídas por toda a edificação, que inicia após a válvula automática de controle e que alimenta com água todos os chuveiros automáticos da instalação, [...].
- e) **hidrante de recalque ou de passeio:** É a canalização que vai da parte frontal da edificação e ligada à coluna de incêndio da edificação para alimentar o sistema de chuveiros automáticos a partir da auto bomba-tanque do Corpo de Bombeiros, para a continuidade do combate ao fogo quando a reserva de água da edificação estiver esgotada. [...]

5.2.1 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 e em quantidades razoáveis nos próprios reservatórios gerais dos prédios. Um sistema de chuveiros automáticos devem ter, pelo menos, duas fontes de abastecimento de água, uma fonte interna própria e uma fonte externa. A interna está representada pelos reservatórios das edificações, e a externa, a partir do fornecimento do corpo de bombeiros. Para a fonte interna existe a opção, além dos reservatórios, da utilização de um tanque de pressão, com água pressurizada de forma permanente.

Os reservatórios podem ter seu uso exclusivo para os chuveiros automáticos ou compartilhar os usos com o restante da edificação. Neste caso de compartilhamento, é necessário verificar a vazão e pressão mínima necessária para o chuveiro automático mais desfavorável. De acordo com a NBR 10897 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2014, p.95)

em seu anexo B, todo sistema de chuveiros automáticos deve possuir ao menos um abastecimento de água exclusivo e segundo uma das seguintes formas:

- a) reservatório elevado;
- b) reservatório com fundo elevado ou com fundo ao nível do solo, piscinas, açudes, represas, rios, lagos e lagoas, com uma ou mais bombas de incêndio;
- c) tanque de pressão.

O reservatório elevado deve ter, entre outros itens da norma: a capacidade de vazão e pressão mínima necessária para alimentar o chuveiro automático mais desfavorável; seja totalmente fechado a fim de não permitir a entrada de luz solar e elementos estranhos que possam contaminar a água; sistema de alarme de nível baixo; a reposição da capacidade efetiva deve ser dimensionada para enchimento do tanque em 8 horas.

Para o reservatório ao nível do solo, a norma estabelece diversos parâmetros para dimensionamentos, como diâmetros de sucção e recalque, posicionamento da tubulação na saída do reservatório; dimensionamento dos canais quando for alimentado por fontes naturais; deve possuir, quando possível, poço de sucção, etc..

No tanque de pressão, deve-se levar em conta, entre outros itens: sistemas automáticos capazes de manter a pressão interna e volumes de água constantes; providos de válvulas de segurança; manutenções periódicas de todo o sistema e controle das condições do seu estado a cada três anos.

5.2.2 Sistemas de bombas

As bombas serão necessárias quando a pressão de água não for suficiente para atingir o chuveiro automático mais desfavorável, conforme a figura 9. As bombas podem ser a diesel ou elétrica e, normalmente, o sistema consiste em uma bomba principal, uma bomba reserva (quando necessário) e uma bomba *jóquei*, responsável pela manutenção da pressão em uma faixa pré-estabelecida da rede geral de incêndio.

As bombas de incêndio são instaladas o mais próximo dos reservatórios, evitando perdas de carga, em uma estrutura em alvenaria (casa de bombas). Este sistema tem por finalidade efetuar a sucção da água do reservatório e manter a pressurização da rede geral, a qual irá alimentar as redes de chuveiros automáticos.

Figura 9– Sistema de bombas



(fonte: GMF MONTAGENS INDUSTRIAIS E MANUTENÇÕES, 2017)

5.2.3 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 10.

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

Figura 10– Sistema de controle e alarme



(fonte: RAMFEJ ENGENHARIA ESSENCIAL, 2017)

5.2.4 Rede hidráulica de distribuição

Uma rede hidráulica de distribuição é composta por canalizações a partir das válvulas de controle e alarme, dispostas geometricamente, com a finalidade de promover o escoamento da água até os chuveiros automáticos, conforme figura 11.

A NBR 10897 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2014, p.7) define as canalizações como:

[...] **coluna de alimentação:** tubulações verticais de alimentação de chuveiros automáticos.

[...] **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.

[...] **ramais:** tubos aos quais os chuveiros automáticos são fixados.

[...] **tubulações gerais:** tubos que alimentam as tubulações subgerais, diretamente ou com conexões.

[...] **tubulações subgerais:** tubos que alimentam os ramais.

[...] **válvula de governo e alarme:** conjunto composto por válvula seccionadora, válvula de retenção e sistema de alarme de fluxo, manômetros, drenos e acessórios, instalado em cada coluna de alimentação (*riser*) de um sistema de chuveiros automáticos.

Existem definições mais amplas na literatura que abrangem canalizações e suas posições geométricas, como Brentano (2016, p.251-252), na qual a distribuição de água de uma rede hidráulica de um sistema de chuveiros automáticos é formada “[...] por canalizações que alimentam os chuveiros automáticos a partir das válvulas de controle e alarme, com diâmetros apropriados [...] para que a água chegue aos chuveiros automáticos mais desfavoráveis da instalação com a pressão e vazão mínimas requeridas pelas normas”. Essas canalizações são classificadas por Brentano como:

- a) **sub-ramais (*Branch lines*):** Os chuveiros automáticos estão conectados diretamente nos sub-ramais (*Branch lines*). Os sub-ramais podem ter braços ou segmentos horizontais de 60 cm (2 ft) de comprimento, no máximo, que podem ter nas extremidades conectados chuveiros automáticos. [...];
- b) **ramais ou subgerais (*Cross mains*):** [...] são as canalizações que alimentam os sub-ramais (*branch lines*) e estão conectados a uma linha geral ou tronco (*feed main*). [...];
- c) **gerais ou troncos (*Feed mains*):** [...] canalização que alimenta os ramais ou subgerais. [...];
- d) **subidas ou descidas:** As canalizações verticais de subidas e descidas, 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 para chuveiros automáticos individuais, quando a subida ou descida exceder de 30 cm (*1 ft*) de comprimento;

- e) **coluna de incêndio ou coluna principal de alimentação do sistema (*riser*):** [...] é canalização principal, subterrânea ou aérea, horizontal ou vertical, entre a fonte de abastecimento de água e as canalizações gerais ou troncos (*Feed mains*), ou até os ramais e subgerais (*Cross mains*) de acordo com a configuração da rede de distribuição de água, que abastece todos os chuveiros automáticos da instalação, sendo que na parte inferior ou inicial está localizada a válvula de controle automática e os dispositivo de alarme de escoamento de água, que controla e comanda todo o sistema. [...]

Figura 11– Rede hidráulica de distribuição



(fonte: RAMFEJ ENGENHARIA ESSENCIAL, 2017)

5.3 ÁREA DE COBERTURA E DISTÂNCIA MÁXIMA ENTRE *SPRINKLERS*

A 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 está 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 10 verificam-se as áreas máximas e mínimas de cobertura por tipo de chuveiro.

Tabela 10–Área máxima e mínima de cobertura de *sprinklers*

Áreas máxima e mínima de cobertura dos chuveiros automáticos				
Tipo de chuveiro automático	Área de cobertura			
	Máxima		Mínima	
	m ²	ft ²	m ²	ft ²
Cobertura Padrão	21	225	-	-
Cobertura Estendida (CE)	37	400	-	-
Controle para Aplicações Específicas (CCAE)	12	130	7,4	80
ESFR	9,3	100	6,0	64

(fonte: BRENTANO, 2016)

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 10897 (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 11.

Tabela 11–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 ²			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			

^a Área de cobertura, risco extra: 9,3 m², se densidade ≥ 10,2 mm/min, e 12,1 m², se densidade < 10,2 mm/min.
^b Espaçamento máximo: 3,7 m, se densidade ≥ 10,2 mm/min, e 4,6 m, se densidade < 10,2 mm/min.

(fonte: ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2014)

Os capítulos anteriores apresentaram a revisão bibliográfica sobre sistemas de combate a incêndios através de sistemas de chuveiros automáticos. Um destaque foi dado ao elemento principal do sistema, o chuveiro automático. A legislação vigente também foi apresentada

mostrando as diretrizes para o lançamento dos chuveiros e o dimensionamento destes sistemas na qual são utilizados dois métodos, o método por tabela e o método hidráulico.

A seguir será visto a edificação proposta para este trabalho e o cálculo hidráulico do sistema de chuveiros automáticos.

6 EDIFICAÇÃO PROPOSTA

A edificação proposta neste trabalho é de uma garagem de subsolo em prédio residencial com área livre, sem compartimentação (paredes divisórias). Este tipo de edificação foi escolhido por não existir obrigação legal, em norma ou leis, de chuveiros automáticos em garagens residenciais. A mesma possui pé direito de 2,8 metros, e com cobertura em laje de concreto sem entre forro (piso do pavimento térreo), na qual as instalações ficam aparentes em sintonia com a parte arquitetônica.

A distribuição da rede de chuveiros automáticos ocorre paralela à laje de concreto do pavimento térreo, fixadas nas vigas de concreto (com altura de 0,4 m), e utilizando chuveiros automáticos tipo pendente de cobertura padrão. Os chuveiros estarão a uma altura, em relação ao piso pronto do subsolo, de 2,45 m e fixados a 30 cm do forro (laje de concreto do térreo).

O subsolo tem 30,20 metros da largura por 28,60 metros de profundidade, com área total de 864m². Internamente tem-se uma região relativa a elevadores e escada, com 24m². Descontando-se a área total pela área da circulação vertical, tem-se a área útil de 840m², que será a utilizada para este trabalho. O dimensionamento será executado por cálculo hidráulico e a área da garagem foi classificada como de ocupação de RISCO LEVE.

O número de chuveiros automáticos necessários para efetuar a proteção desta edificação 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 11).

Os níveis do subsolo e térreo são respectivamente -2,80 e 0,00, conforme a planta de arquitetura simplificada, figura 12. O acesso à garagem será por rampa externa ao prédio principal, junto à divisa esquerda. A casa de bombas e o reservatório, para suprir a demanda dos chuveiros automáticos, estarão no pavimento térreo, nível 0,00.

A garagem tem 36 vagas para carros, com cada vaga de 2,50m por 5,00m e 5,00m para a circulação dos veículos. A prefeitura municipal de Porto Alegre exige que toda edificação possua ao menos uma vaga por habitação e, para este estudo, as demais vagas necessárias estão distribuídas nos pavimentos térreo e segundo.

Para o estudo de caso, o terreno está localizado na zona sul de Porto Alegre, no bairro Ipanema. A escolha deve-se ao fato de que a construtora, que forneceu os preços dos terrenos e os valores de construção, possui empreendimentos neste bairro.

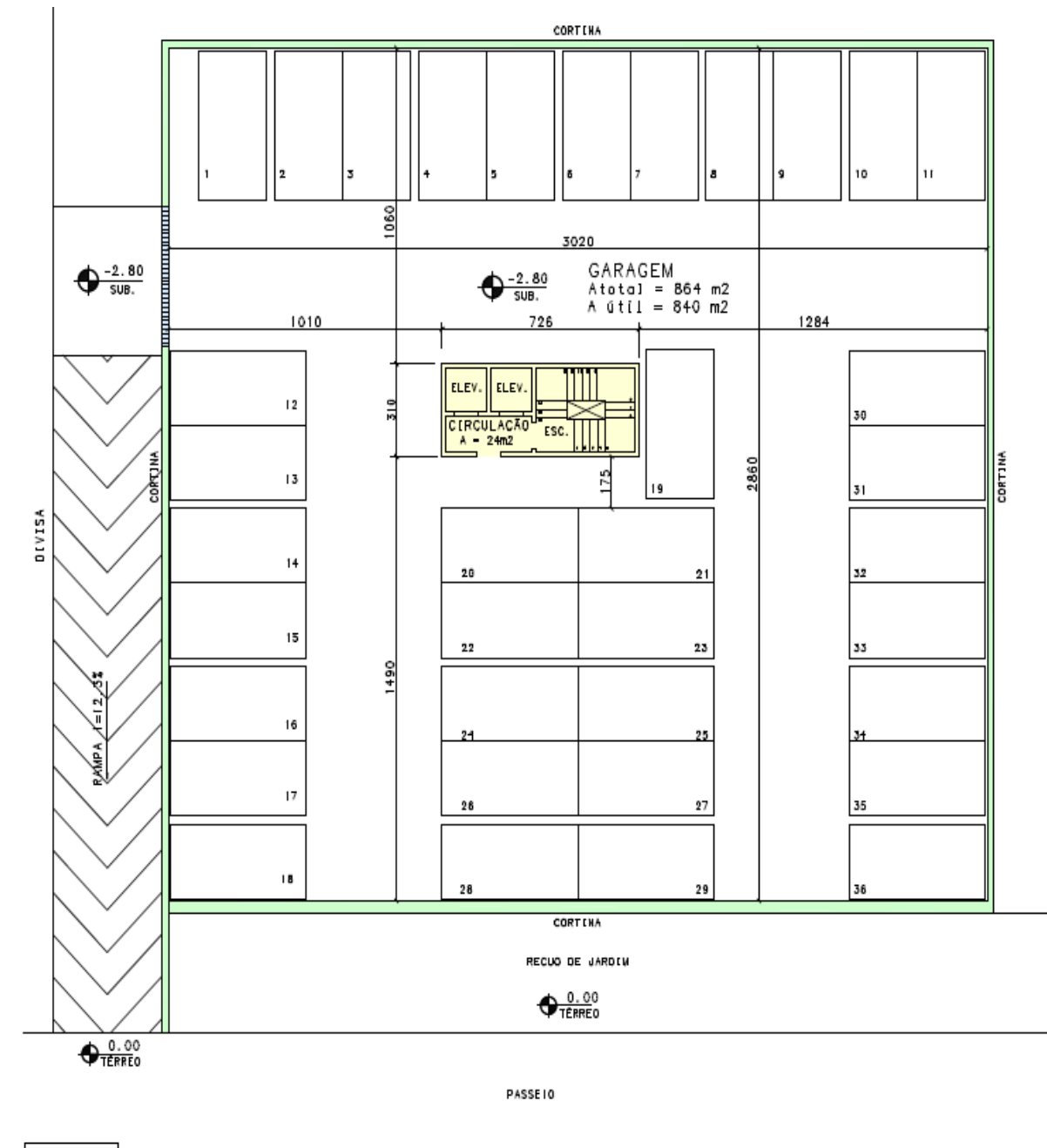
Foi feito, para o estudo de caso, uma análise de cinco tipos de edificações com dois padrões construtivos diferentes, dados pelo CUB-RS. A edificação é composta de:

- a) Um subsolo, com 864 m^2 .
- b) Um pavimento térreo, com 1128 m^2 .
- c) Um segundo pavimento, com 864 m^2 .
- d) Um pavimento tipo, com 6, 8, 10, 12 e 14 pavimentos com 600 m^2 por andar.
- e) Uma cobertura, com 600 m^2 .
- f) Uma casa de máquinas, com 240 m^2 .

O ramal principal dos chuveiros automáticos é paralelo à face oposta da rampa de entrada e; no extremo oposto, junto à vaga 1, está a válvula para teste da rede com o chuveiro sem defletor e sem ampola, como será visto no capítulo a seguir.

O tipo de estrutura escolhido foi em função de ser o mais próximo da realidade existente no mercado atual. Com os diferentes pavimentos tipos, tem-se uma estrutura em consonância com as estruturas comercializadas na zona sul de Porto Alegre.

Figura 12–Arquitetura simplificada: garagem em subsolo residencial



(fonte: elaborado pelo autor)

7 SISTEMA PROJETADO POR CÁLCULO HIDRÁULICO

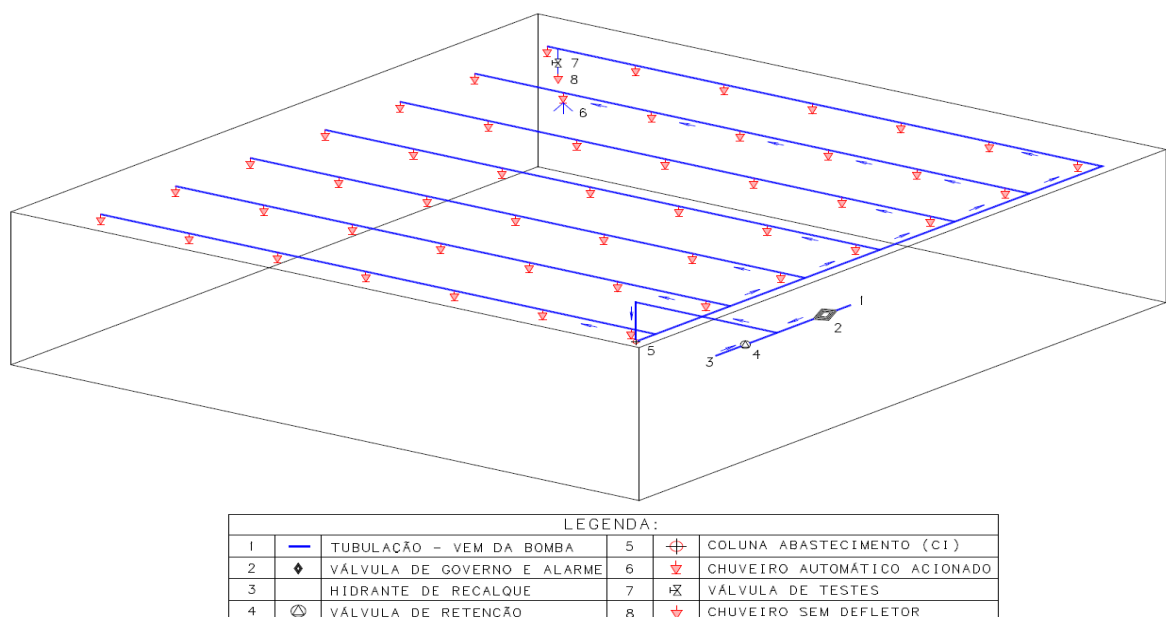
Um sistema projetado por cálculo hidráulico analisa o funcionamento simultâneo de uma quantidade de chuveiros automáticos localizados na região mais desfavorável da rede traçada. O dimensionamento é feito com a garantia de proteção desta área que será a mais crítica ou a mais afastada do sistema de bombas, prevendo pressões, velocidades e vazões mínimas para garantir a segurança de todas as demais áreas da edificação, pois a proteção destas áreas é feita com a maior capacidade quando exigida.

Brentano (2016, p.584) 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 ou a área do recinto ou do ambiente de maior carga térmica ou mais desfavorável entre todos da edificação, neste caso, geralmente o que está mais afastado 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 no seu trajeto, de tal forma que possam comprometer a vazão e a pressão requeridas.

O sistema projetado para este trabalho segue o esquema tridimensional genérico, como mostra a figura 13.

Figura 13–Esquema tridimensional genérico para chuveiros automáticos



(fonte: elaborado pelo autor)

Vale ressaltar que o hidrante de recalque com a válvula de retenção não estão considerados no detalhamento dos projetos. A válvula de testes (item 7) e o chuveiro sem defletor (item 8) estarão representados, neste trabalho, junto ao chuveiro automático nº 1 e nomeados apenas como dreno.

Os diâmetros das tubulações foram 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. Inicia-se o cálculo pelo chuveiro mais afastado, considerado o mais crítico, utilizando-se para o cálculo da vazão, a curva de densidade de água e a área de cobertura deste chuveiro. Para o cálculo da pressão, utiliza-se a equação da vazão da água em um reservatório através de um orifício em conjunto com a equação da continuidade, o que será visto a seguir.

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, ao seu atrito com as paredes internas das tubulações e das singularidades. As singularidades consideram a perda de carga nas conexões e nas mudanças de direção, e neste trabalho foi utilizado o método de comprimentos equivalentes para sua quantificação.

De acordo com a norma NBR 10897 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2014, p.78) para o dimensionamento por cálculo hidráulico, a perda de carga em tubos e singularidades deve ser calculada com a fórmula de *Hazen-Williams*:

$$J = 605 \cdot \left(\frac{Q_n^{1,852}}{C^{1,852} \cdot d_m^{4,871}} \right) \cdot 10^5 \quad (\text{fórmula 2})$$

Sendo:

J = perda de carga unitária por atrito (kPa/m);

Q_n = vazão (l/min);

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

d_m = diâmetro interno do tubo (mm).

Neste trabalho foi utilizada a perda de carga com unidade em metros de coluna d'água (m.c.a.) e está representada pelo símbolo h_p (perda de carga unitária). Fazendo-se as alterações de unidades necessárias, de kPa/m para mca, obtém-se uma nova equação, e a fórmula de *Hazen-Williams* fica como indicado abaixo:

$$J = 10,6451 \cdot \left(\frac{Q_n^{1,852}}{C^{1,852} \cdot d_m^{4,871}} \right) \quad (\text{fórmula 3})$$

Sendo:

J = perda de carga unitária (mca);

Q_n = vazão (m^3/s);

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

d_m = diâmetro interno do tubo (m).

O Engenheiro Civil Jorcy Aguiar (JORCY AGUIAR, 2017) comenta sobre o coeficiente de rugosidade C :

Com o passar dos anos as redes e adutoras têm sua condição de escoamento diminuída devido a incrustações, principalmente as linhas de ferro fundido, amianto ou aço. O grau de resistência ao escoamento é determinado pelo coeficiente “ C ” de *Hazen-Williams*.

Quanto menor esse coeficiente, maior a perda de carga imposta ao escoamento e, conseqüentemente mais energia é necessária para superar essa resistência. Isso se reflete em vazões abaixo das esperadas, pressões reduzidas nos pontos mais distantes e pressões elevadas nos pontos mais próximos, consumos elevados de energia nos recalques e variações muito grandes de pressão ao longo do dia.

Diversas bibliografias que abordam o tema da perda de carga fornecem a tabela com o tipo de material e o fator (C) de *Hazen-Williams*, apresentando, comparativamente, apenas algumas pequenas variações entre seus valores. Estas pequenas variações são explicadas por diferenças na constituição do material, que pode apresentar alterações físicas em função da região onde o mesmo foi fabricado e também em razão dos experimentos não terem exatamente as mesmas condições de realização uns dos outros.

A NBR 10897 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2014, p.83) fornece uma tabela para obtenção deste coeficiente (tabela 12), a qual foi utilizada para este trabalho:

Tabela 12–Valores C de *Hazen-Williams*

Tabela 25 – 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)

A escolha do material a ser usado nas tubulações é de suma importância, pois o coeficiente de rugosidade (C) da fórmula de *Hazen-Williams* é em função do mesmo, 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 linear 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 em laboratórios, pelos fabricantes de cada marca existente no mercado, obtendo-se estimativas de valores de sua perda de carga, e 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 do calculista.








Nessas tabelas já estão incluídas as estimativas de perdas de carga para diversos tipos de singularidades. A tabela 13 apresenta as perdas de carga utilizadas em aço galvanizado para a marca Tupy.

Tabela 13–Comprimento equivalente para estimativa de perda de carga (m)

Equivalência da Perda de Carga das Conexões TUPY BSP em Metros de Tubos de Aço Galvanizados													
DÍMETER NOMINAL	½	¾	1	1¼	1½	2	2½	3	4	5	6	8	10
	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	2,59
		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	0,65	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		

Continua

continuação

DÍAMETRO NOMINAL	½ x ¾	½ x ¾	½ x ¾	¾ x ¾	¾ x ¾	¾ x ¾	1 x ¾	1 x ¾	1 x ¾	1 ¼ x ¾	1 ¼ x ¾	1 ¼ x 1	1 ½ x ¾	1 ½ x ¾	1 ½ x 1	1 ½ x 1 ¼
	2 x ½	2 x ¾	2 x 1	2 x 1 ¼	2 x 1 ½	2 ½ x 1	2 ½ x 1 ¼	2 ½ x 1 ½	2 ½ x 2	3 x 1	3 x 1 ¼	3 x 1 ½	3 x 2	3 x 2 ½	4 x 2	4 x 3
	0,05	0,06	0,07		0,09	0,10		0,11	0,14	0,13	0,14	0,17		0,15	0,17	0,21
			0,20	0,23	0,28		0,25	0,29	0,35			0,30	0,34	0,42	0,46	0,56
	0,31	0,30	0,49		0,49	0,59	0,44	0,68	0,95	0,40	0,56	0,71	0,31	0,53	0,79	1,22
	0,19	0,31	0,46	0,78	1,00	0,42	0,71	1,02	1,98	0,34	0,62	0,84	1,29	2,16		
	0,10	0,16	0,14	0,22	0,23	0,24		0,24	0,24	0,24	0,22	0,19	0,29	0,26	0,24	0,20
	0,34		0,36	0,40	0,43	0,28	0,33	0,36	0,39		0,65	0,69	0,75			
	0,24		0,45	0,45	0,59		0,49	0,84		0,50	0,55		0,65	0,73	0,86	
				0,85				1,63								
	0,32	0,20	0,21		0,20	0,27		0,23	0,19		0,32	0,34			0,36	0,29
	0,11	0,18	0,18		0,26	0,32	0,30	0,32	0,29	0,33	0,43	0,16		0,53	0,27	0,12
			0,30	0,35	0,38		0,44	0,48	0,64		0,71	0,70	0,71			
	0,26	0,24	0,30		0,24	0,44		0,41	0,41	0,28	0,34	0,41		0,37	0,34	0,27
			0,52	0,60	0,64		0,51	0,65	0,89		0,64	0,77	0,86			

(fonte: TUPY S.A, 2009)

A perda de carga total foi calculada multiplicando a perda de carga unitária (fórmula 3), pela soma do comprimento real e equivalente de tubulação:

$$h_p = 10,6451 \cdot \left(\frac{Q_n^{1,852}}{C^{1,852} \cdot d_m^{4,871}} \right) \cdot (L_r + L_e) \quad (\text{fórmula 4})$$

Sendo:

h_p = perda de carga total (mca);

Q_n = vazão (m³/s);

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

d_m = diâmetro interno do tubo (m);

L_r = comprimento real (m);

L_e = comprimento equivalente (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.

Segundo a NBR 10897 (ASSOCIAÇÃO DE NORMAS TÉCNICAS BRASILEIRA, 2014, p.83) não é necessário considerar as perdas de carga singulares (comprimento equivalente) de “*tês*” e joelhos dos sub-ramais nos quais os chuveiros automáticos da área de aplicação estão conectados.

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 dada pela NBR 10897 (ASSOCIAÇÃO DE NORMAS TÉCNICAS BRASILEIRA, 2014, p.78), conforme a equação abaixo:

$$P_v = \frac{225 \cdot Q^2}{d_m^4} \quad (\text{fórmula 5})$$

Sendo:

P_v = pressão de velocidade (kPa)

Q = vazão (l/min)

d_m = 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 ”:

$$P_t = P_n + P_v \quad (\text{fórmula 6})$$

Sendo:

P_t = pressão total (kPa)

P_n = pressão normal (kPa)

P_v = pressão ou carga de velocidade (kPa)

A pressão normal é aquela exercida contra a parede da canalização independente da velocidade. Sem escoamento na canalização (velocidade igual a zero) é chamada de “pressão

estática”, e com escoamento, é chamada de “pressão residual ou dinâmica”. Esta pressão pode ser expressa por:

$$P_n = P_t - P_v \quad (\text{fórmula 7})$$

Sendo:

P_n = pressão normal (kPa)

P_t = pressão total (kPa)

P_v = pressão ou carga de velocidade (kPa)

Para se obter a pressão em cada chuveiro automático ou *sprinkler* pode-se considerar, no cálculo, as duas pressões atuando simultaneamente. Caso a pressão de velocidade seja desconsiderada, 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 (2016, p.607), a pressão de velocidade pode ser desconsiderada:

A pressão de velocidade pode ser desconsiderada no cálculo porque seus valores comparativamente com os da pressão normal são muito pequenos. Então, sem considerar a pressão de velocidade se trabalhará com pressões um pouco maiores nos chuveiros automáticos, o que é a favor da segurança.

A NFPA 132002 recomenda considerar a pressão de velocidade no cálculo somente quando ela constituir mais de 5% da pressão total.

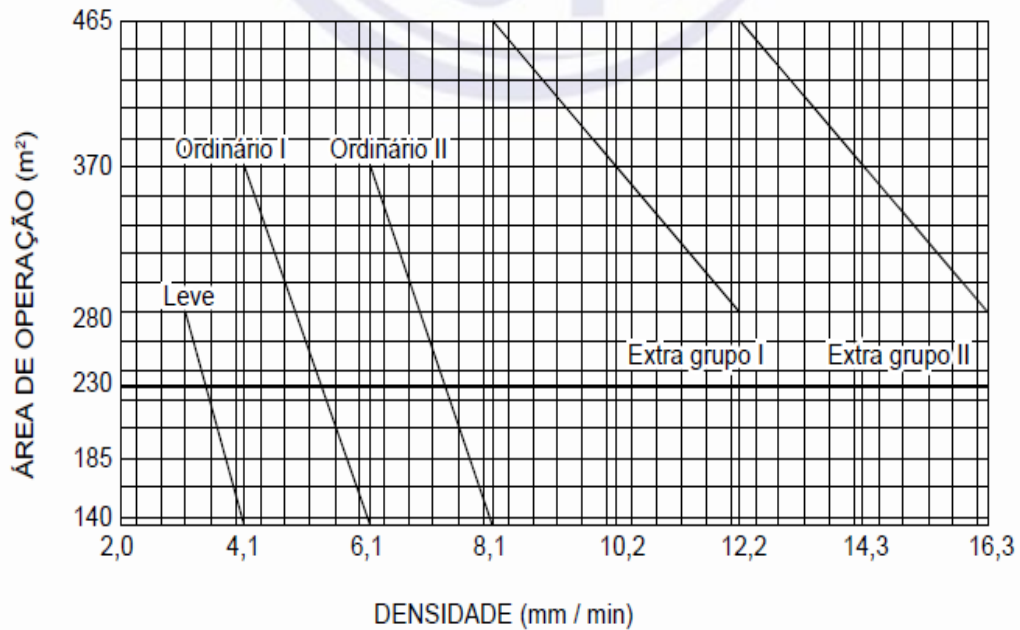
No chuveiro automático mais desfavorável da instalação ela nunca é considerada .

7.3 DENSIDADE DE ÁGUA (Da)

Para o cálculo hidráulico se faz necessário obter-se a vazão mínima por metro quadrado para toda a área a ser definida (chamada de área de aplicação) em função da classe de risco que se enquadra a edificação. A área de aplicação tem uma forma retangular e é onde pode ocorrer, com maior probabilidade, a possibilidade de um incêndio; e também deve ser a zona mais desfavorável hidraulicamente.

A NBR 10897 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2014, p.68) fornece curvas de densidade por área, para quando for usado o método de densidade e área ou o método baseado no recinto, conforme a figura 14:

Figura 14– Curva de densidade e área



(fonte: ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2014)

7.4 DIMENSIONAMENTO POR CÁLCULO HIDRÁULICO

O dimensionamento por cálculo hidráulico necessita que se classifique a edificação quanto à ocupação (neste trabalho a edificação é classificada como de Risco Leve).

O chuveiro automático usado será o tipo pendente padrão e, utilizando a tabela 11 (área de cobertura máxima por chuveiro automático e distância máxima entre chuveiros automáticos tipo *spray* de cobertura padrão), obteve-se os dados para efetuar o lançamento dos chuveiros automáticos e sua linha de tubulações, construindo o projeto a ser dimensionado. Da tabela 11 tem-se que a área de cobertura por chuveiro automático é de 20,9 metros quadrados e a distância máxima entre chuveiros de 4,6 metros, para risco leve.

Com o limite de 20,9 m² e a distância máxima entre chuveiros de 4,6 m, o projetista define uma área retangular para gerar o traçado e o lançamento inicial dos chuveiros automáticos. Para este projeto, obteve-se os valores para os espaçamentos horizontal e vertical entre chuveiros, respectivamente, de 4,5 m por 4,3 m, com uma área de aplicação de 19,4 m², abaixo do limite estabelecido pela NBR 10897, de 20,9 m², e respeitando a distância máxima entre chuveiros, de 4,6m.

A NBR 10897 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2014, p.31)

define a área máxima a ser utilizada para a proteção de um pavimento por uma coluna principal de alimentação (tabela 14):

Tabela 14 – Área máxima servida por uma coluna de alimentação por pavimento

Tipo de risco	Área máxima servida por uma coluna de alimentação por pavimento m ²
Leve	4 800
Ordinário	4 800
Extraordinário (projetado por tabela)	2 300
Extraordinário (projetado por cálculo hidráulico)	3 700
Armazenamento	3 700

(fonte: ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2014)

Para o risco leve, a área máxima por coluna de alimentação é de 4800 metros e, sendo a garagem com área de cobertura de 840 m², foi utilizada apenas uma coluna principal para abastecimento dos chuveiros.

Convém observar que os espaçamentos entre os chuveiros automáticos são arbitrados pelo projetista, respeitando-se a distância máxima permitida entre eles. 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. Como se trata de uma garagem residencial, as interferências da área de circulação e dos pilares (estrutura), já estão dimensionadas para que não afetem o projeto dos chuveiros.

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 14) correspondente, para a obtenção da área de aplicação e sua respectiva densidade. Neste trabalho, a edificação se enquadra na classe de risco leve no qual a curva correspondente inicia com uma densidade de área de 4,1 mm/min para uma área de 140 m², e no outro extremo 3,2 mm/min para uma área de 280 m².

Após determinar a classe de risco e a reta área/densidade correspondente, 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 (2016, p.587), a definição quanto à escolha do ponto da reta considerado pode ser analisado tomando-se três pontos da curva:

■ **ponto superior da reta.** Nesta situação tem-se uma área de aplicação grande com uma densidade de água menor. Em alguns casos, onde o suprimento de água é grande e fácil, a escolha de um ponto na parte superior da reta é vantajosa, *porque numa situação muito particular da localização do reservatório*, pode ser eliminada até a necessidade de um sistema de bombas de incêndio, por se ter uma vazão menor em cada chuveiro automático e, conseqüentemente, uma pressão menor, embora a vazão total sobre toda a área de aplicação seja bem maior.

■ **ponto médio da reta.** [...] tem-se uma área de aplicação menor, uma densidade de água maior e um número menor de chuveiros automáticos que na situação anterior e, conseqüentemente, uma vazão maior nos chuveiros automáticos, mas um volume final necessário de água menor. A escolha do ponto médio da reta é utilizada por alguns projetistas.

■ **ponto inferior da reta.** A escolha deste ponto resulta 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. Este ponto inferior da reta é o mais escolhido pelos projetistas.

Seguindo as recomendações do autor foi escolhido o ponto inferior da reta, onde existe uma maior eficiência de combate a incêndio em uma área menor e resultando em menores volumes a serem reservados. Assim, a área de aplicação (A_a) considerada foi igual a 140 m², e a densidade de água (D_a) será respectivamente 4,1 l/min/m².

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 8:

$$N_{Ch} = \frac{A_a}{A_c} \quad (\text{fórmula 8})$$

Sendo:

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

A_a = Área de aplicação da área mais desfavorável (m²)

A_c = Área de cobertura de cada chuveiro automático (m²)

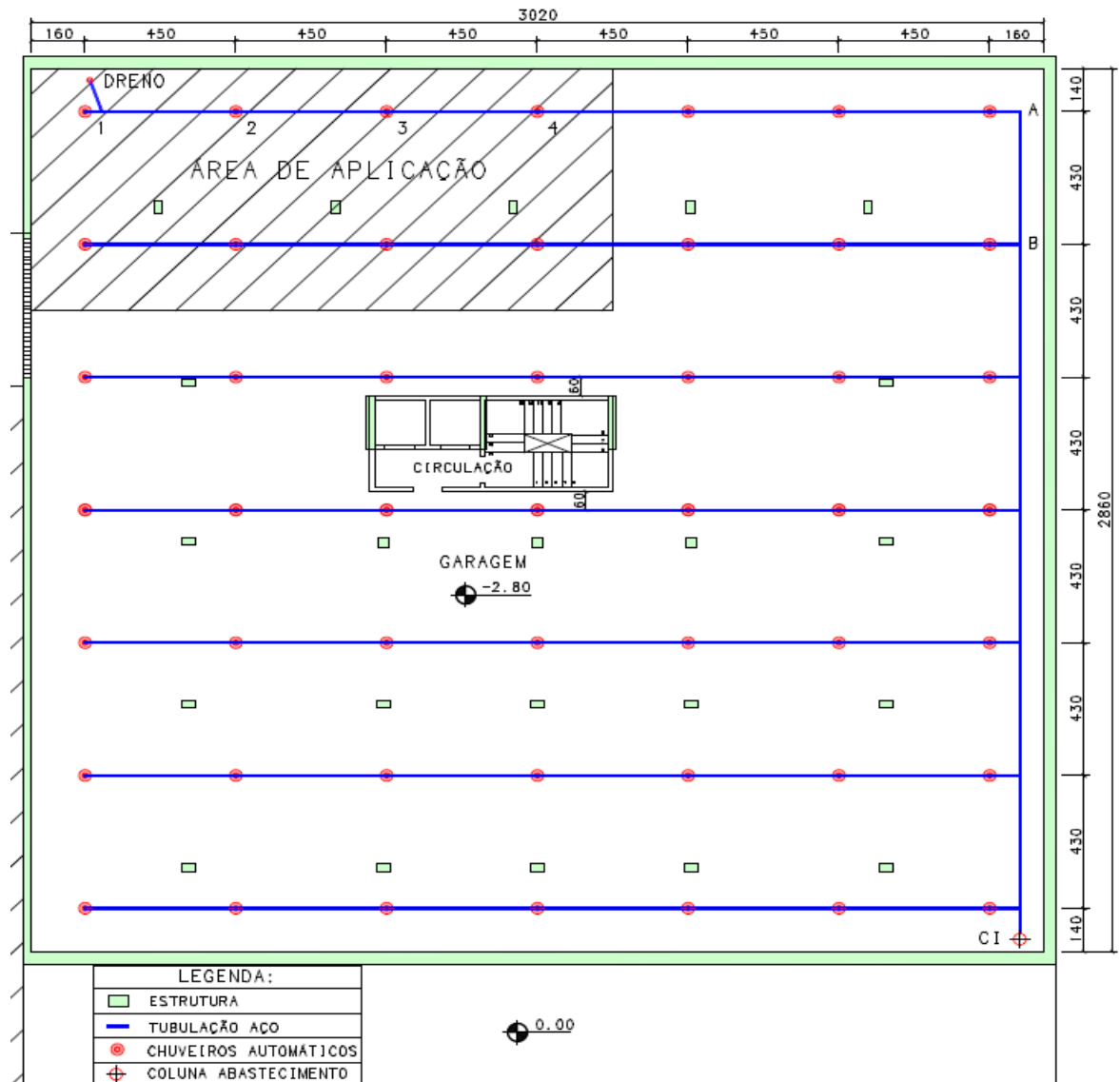
Assim, com a área de aplicação (A_a) igual a 140 m² (figura 14) e a área de cobertura de um chuveiro automático tipo pendente de cobertura padrão, apresentada anteriormente, de 20,9

m² (tabela 11), obteve-se o número de chuveiros automáticos igual a 7 unidades. Para o caso específico deste projeto e facilitar o cálculo dos chuveiros automáticos, foram utilizados 8 unidades.

7.4.3 Dimensionamento da área de aplicação

Com os espaçamentos definidos para a distribuição dos chuveiros automáticos e sendo a planta baixa da garagem com dimensões internas de 30,20m por 28,60m (figura 12), foi feita a planta base com a distribuição dos chuveiros automáticos. A área de aplicação foi definida de forma retangular e, no sistema projetado, se encontra na região indicada na figura 15.

Figura 15–Distribuição dos chuveiros e área de aplicação



(fonte: elaborado pelo autor)

A área de aplicação deve ser retangular e seu lado maior paralelo aos sub-ramais, para BRENTANO (2016, p.602) esta dimensão deve ser no mínimo 20% maior que o lado perpendicular (menor), e é dado pela fórmula 9:

$$L_m = 1,2 \cdot \sqrt{A_a} \quad (\text{fórmula 9})$$

Sendo:

L_m = Lado maior da área de aplicação (m)

A_a = Área de aplicação da área mais desfavorável (m²)

Desta forma com a área de aplicação (A_a) igual a 140 m² (figura 15) 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 4,50 m a 4,60 m e o espaçamento entre sub-ramais fica entre 4,30 m a 4,60 m. Com estes valores foi atingida uma área de cobertura menor que 20,9 m² definido por norma para este tipo de ocupação de risco (Risco Leve).

Assim, tomando um espaçamento entre chuveiros de 4,50 m foi calculado o número de chuveiros no sub-ramal:

$$N_{Lm} = \frac{L_m}{e_c} \quad (\text{fórmula 10})$$

Sendo:

N_{Lm} = Número de chuveiros no lado maior

L_m = Lado maior da área de aplicação (m)

e_c = espaçamento entre os chuveiros (m)

Com valor do lado maior da área de aplicação de 14,20 m e o espaçamento de 4,50 m entre chuveiros foi obtido o número de 4 (quatro) chuveiros que deverão ser alocados neste ramal.

E com o espaçamento entre ramais de 4,30 m foi definido o projeto de alocação dos chuveiros automáticos na área de aplicação (figura 15).

Assim, foi encontrada uma área de cobertura real de projeto de 19,35 m², que é menor que o especificado em norma (20,90 m²) vindo ao encontro de uma maior segurança no cálculo.

7.4.4 Vazão no chuveiro mais desfavorável (nº1)

O chuveiro mais desfavorável da área de aplicação, anotado no projeto por chuveiro nº 1 (figura 14), tem sua vazão calculada pela fórmula abaixo:

$$Q_1 = D_a \cdot A_{cr} \quad (\text{fórmula 11})$$

Sendo:

Q_1 = Vazão no chuveiro nº1 (l/min)

D_a = Densidade de água (l/min.m²)

A_{cr} = Área de cobertura real de cada chuveiro automático (m²)

Neste caso, com a densidade de água de 4,1 l/min.m² (figura 13) e com a área real projetada de cada chuveiro automático na área de aplicação de 19,35 m², foi obtido $Q_1 = 79,34$ l/min ou $Q_1 = 0,00132$ m³/s de vazão, a qual será a vazão mínima do sistema para o chuveiro mais desfavorável do projeto.

7.4.5 Pressão no chuveiro mais desfavorável (nº1)

Para o cálculo da pressão, utiliza-se a premissa de um conduto forçado com a saída da água através de um orifício. Para Brentano (2016, p.380):

“Orifícios são aberturas de forma geométrica simples, sendo circulares nas instalações hidráulicas de incêndio, feitas nas paredes de reservatórios e existentes em canalizações e dispositivos como esguichos e chuveiros automáticos, através dos quais é descarregada a água diretamente para a atmosfera, em vazão e pressão mínimas recomendadas.”

A quantidade de água que entra por um ponto A de uma canalização é igual à que sai num ponto B desta canalização, e é representada pela equação:

$$Q = A \cdot v \quad (\text{fórmula 12})$$

Sendo:

Q = Vazão da água (m³/s)

A = Área da seção de canalização (m²)

v = Velocidade de escoamento (m/s)

Para a vazão da água em um reservatório através de um orifício, tem-se uma altura “ h ” da superfície da água no reservatório (ponto A) até o orifício (ponto B), conforme a figura 16. Aplicando-se a equação da conservação de energia entre A e B chega-se à expressão dada pela fórmula 13:

$$Z_A + \frac{p_A}{\gamma} + \frac{V_A^2}{2g} = Z_B + \frac{p_B}{\gamma} + \frac{V_B^2}{2g} + hp_{AB} \quad (\text{fórmula 13})$$

Sendo:

Z_A e Z_B = Cotas dos níveis A e B em relação ao plano de referência (mca)

p_A e p_B = Pressão atmosférica (mca)

V_A = Velocidade de abaixamento da água no reservatório (m/s)

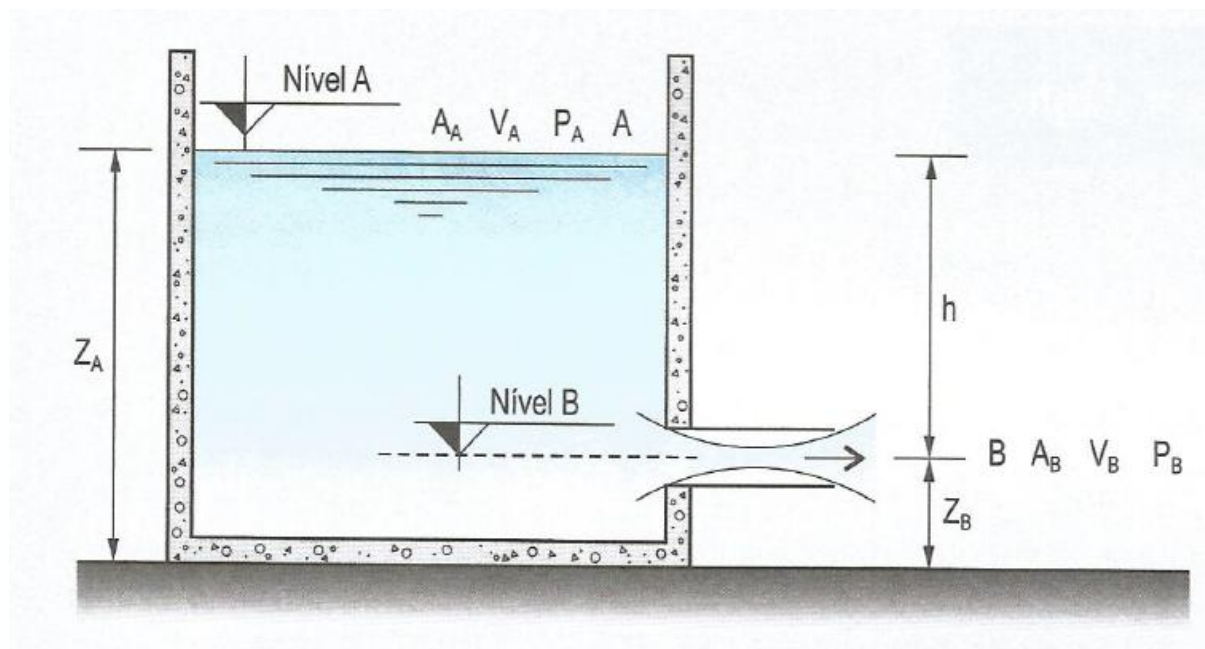
V_B = Velocidade teórica do jato (m/s)

γ = Peso específico da água (N/m³)

g = Aceleração da gravidade (m/s²)

hp_{AB} = Perda de carga entre os níveis A e B (mca)

Figura 16–Esvaziamento de reservatório através de orifício



(fonte: BRENTANO, 2016, p.382)

Como $p_A = p_B$, V_A aproximadamente zero, h_{pAB} também zero por ser uma perda muito pequena e $Z_A - Z_B = h$, obtém-se a fórmula da velocidade de escoamento através de um orifício:

$$V_B = \sqrt{2g \cdot h} \quad (\text{fórmula 14})$$

Substituindo-se a fórmula 14 na fórmula 13, obtém-se a vazão dada pela fórmula 15:

$$Q = A \cdot \sqrt{2g \cdot h} \quad (\text{fórmula 15})$$

Considerando-se a área A para um orifício circular e aplicando-se um coeficiente de correção da vazão, em função das perdas de carga decorrentes do atrito e da turbulência na passagem da água pelo orifício (dado experimentalmente), chega-se a expressão geral simplificada da vazão por um orifício circular:

$$Q = K \cdot \sqrt{h} \quad (\text{fórmula 16})$$

Sendo:

Q = vazão (l/min)

K = Fator de vazão K (l/min/bar^{1/2})

h = altura manométrica (mca)

O fator de vazão ou de descarga K depende do formato da saída do esguicho, para o caso dos chuveiros automáticos, e pode ser calculado pela fórmula 17:

$$K = \frac{\pi \cdot d^2}{4} \cdot C_d \cdot \sqrt{2g} \quad (\text{fórmula 17})$$

Sendo:

d = diâmetro do orifício (saída do esguicho) (m)

C_d = coeficiente de descarga (adimensional)

Considerando-se que a altura na fórmula 16 representa uma pressão em mca e utilizando-se a fórmula 1 (vista no capítulo 4), obtém-se a fórmula 18, que é a pressão no bico do chuveiro automático nº 1:

$$P = \frac{Q^2}{K^2} \quad (\text{fórmula 18})$$

Brentano (2016, p.245) apresenta uma tabela com os valores do fator de vazão nominal K para diversos diâmetros de orifícios de chuveiros automáticos. Neste estudo de caso, para

uma garagem em subsolo residencial, foi adotado um diâmetro de rosca de 12,7 mm, que é o mais utilizado comercialmente para chuveiros automáticos do tipo pendente, tabela 15.

Tabela 15 – Fator de Vazão K para diâmetros de orifícios de chuveiros automáticos

Tabela 7.4 Valores do fator de vazão K e da vazão mínima para vários diâmetros de orifícios de chuveiros automáticos (Fontes: NBR 10.897:2014 e NFPA 13:2013)									
Valores do fator de vazão nominal K									
Diâmetro nominal do chuveiro automático		Fator de vazão nominal K ^(*)				% de vazão sobre a vazão do orifício de 12,7 mm (½ in.)	Vazão mínima l/min	Diâmetro nominal da rosca ^(**)	
mm	pol	l/min kPa ^{1/2}	l/min mca ^{1/2}	l/min bar ^{1/2}	gpm psi ^{1/2}			l/min	mm
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
6,4	¼	2,1	5,96	20	1,4	25	14,0	12,7	½
8,0	5/16	2,8	8,15	27	1,9	33,3	19,0	12,7	½
9,5	¾	4,0	12,0	40	2,8	50	28,0	12,7	½
11,0	7/16	6,2	18,0	60	4,2	75	42,0	12,7	½
12,7	½	8,0	25,3	80	5,6	100	56,0	12,7	½
13,5	17/32	11,2	36,3	115	8,0	140	80,0	12,7-19,0	½ - ¾
15,9	¾	16,3	48,3	160	11,2	200	111,0	12,7-19,0	½ - ¾
19,0	¾	20,2	60,2	200	14,0	250	139,0	19,0	¾
20,6	13/16	24,3	72,1	240	16,8	300	167,0	19,0	¾
22,2	¾	28,7	84,3	280	19,6	350	195,0	25,4	1
23,8	15/16	32,7	96,2	320	22,4	400	223,0	25,4	1
24,6	31/32	36,8	105,5	360	25,2	450	250,0	25,4	1
25,4	1	41,0	120,4	400	28,0	500	278,0	25,4	1

(fonte: BRENTANO, 2016)

Estes valores estão de acordo com a tabela 4 da NBR 10897 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS), que tem como fator K de descarga para o chuveiro automático de DN15 o valor de 8,0 l/min/kPa^{1/2} ou 25,3 l/min/mca^{1/2}. Com este valor de K tabelado e a vazão calculada anteriormente de 79,34 l/min, obtém-se um valor de pressão neste bico (chuveiro n° 1) de P₁ = 98,3 kPa ou P₁ = 9,83 mca. Valor que está acima da pressão mínima de um chuveiro automático que é P = 48 kPa ou P = 4,8 mca.

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.

Poderia ser usado outro fator K para DN 15, conforme a norma (tabela 9) no valor de 11,2 l/min/kPa^{1/2} que proporcionaria uma pressão de 50,18 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 8,0l/min/kPa^{1/2} que confere uma maior pressão de trabalho. Logo, obtém-se $P_1 = 98,3$ kPa, ou $P_1 = 9,83$ mca e $Q_1 = 79,34$ l/min ou $Q_1 = 0,00132$ m³/s no chuveiro automático nº 1.

7.4.6 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: $Q_{21} = Q_1$, logo $Q_{21} = 79,34$ l/min ou $Q_{21} = 0,00132$ m³/s.

A NBR 10897 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2014, p.90) estabelece que o diâmetro mínimo da tubulação para metais ferrosos é DN 25 mm. Para o dimensionamento do trecho 2-1 utilizou-se a fórmula de Forchheimer, que faz uma estimativa do diâmetro econômico para tubulações:

$$D = 1,3 \cdot \sqrt{Q} \cdot \sqrt[4]{X} \quad (\text{fórmula 19})$$

Sendo:

D = Diâmetro da tubulação (m)

Q = Vazão (m³/s)

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

Para o cálculo de X, a NBR 10897 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2014, p.68) apresenta a tabela para a duração mínima de funcionamento das bombas para cada tipo de ocupação (tabela 16).

Tabela 16-Demanda de hidrantes e duração do abastecimento de água para sistemas projetados por cálculo hidráulico

Tipo de ocupação	Demanda de hidrantes	Duração
	L/min	min
Risco leve	380	30
Risco ordinário	950	60
Risco extra ou extraordinário	1 900	90
Armazenamento	Consultar ABNT NBR 13792	

(fonte: ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2014)

Para o Risco Leve, a bomba trabalhará 30 min a cada 24 horas do dia (segundo a tabela 16), sendo encontrado o valor de $X = 0,0208$, e tendo-se a vazão $Q = 0,00132$ m³/s, obteve-se o

valor D do diâmetro do trecho 2-1 em $D_{21} = 17,94$ mm o que nos leva a um diâmetro comercial de DN 25 mm.

A NBR 10897 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2014) não menciona ou faz qualquer exigência para o limite da velocidade máxima nos condutos, a NFPA-13 (NORMA AMERICANA) limita a velocidade máxima em 20 *feet/s*, o que equivale a 6 m/s, e que foi adotada neste trabalho.

A velocidade no trecho será calculada pela equação da continuidade descrita abaixo:

$$v = \frac{Q}{A} \quad (\text{fórmula 20})$$

Sendo:

v = Velocidade do escoamento (m/s)

Q = Vazão (m^3/s)

A = Área interna da tubulação (m^2)

Para o cálculo da área, foi utilizada a tabela da CONSTRUNORMAS (PINI), que indica o diâmetro externo e a espessura das paredes da tubulação para o aço galvanizado.

Tabela 17-Diâmetros dos Tubos de Aço Galvanizado

Dimensões, massas e pressão (Tubo Schedule 40 - Classe STD)										
Norma ABNT NBR 5590:2015 Versão Corrigida:2017 - Tubos de aço-carbono com ou sem solda longitudinal, pretos ou galvanizados - Requisitos										
Diâmetro nominal		Diâmetro externo (mm)	Espessura de parede do tubo (mm)		Massa nominal (kg/m)		Pressão de ensaio (kPa)			
NPS	DN		Tubos com extremidades lisas, ranhuradas ou biseladas	Tubos com extremidades rosqueadas e com luvas	Tubos com extremidades lisas, ranhuradas ou biseladas	Tubos com extremidades rosqueadas e com luvas	Tubos com extremidades lisas, ranhuradas ou biseladas		Tubos com extremidades rosqueadas e com luvas	
							Grau A	Grau B	Grau A	Grau B
1/8	6	10,3	1,73	1,73	0,37	0,37	4800	4800	4800	4800
1/4	8	13,7	2,24	2,24	0,63	0,63	4800	4800	4800	4800
3/8	10	17,1	2,31	2,31	0,84	0,84	4800	4800	4800	4800
1/2	15	21,3	2,77	2,77	1,27	1,27	4800	4800	4800	4800
3/4	20	26,7	2,87	2,87	1,69	1,69	4800	4800	4800	4800
1	25	33,4	3,38	3,38	2,50	2,50	4800	4800	4800	4800
1 1/4	32	42,2	3,56	3,56	3,39	3,40	8300	9000	6900	7600
1 1/2	40	48,3	3,68	3,68	4,05	4,04	8300	9000	6900	7600
2	50	60,3	3,91	3,91	5,44	5,46	15900	17200	15900	17200
2 1/2	65	73,0	5,16	5,16	8,63	8,67	17200	17200	17200	17200
3	80	88,9	5,49	5,49	11,29	11,35	15300	17200	15200	17200
3 1/2	90	101,6	5,74	5,74	13,57	13,71	14000	16300	13800	16500
4	100	114,3	6,02	6,02	16,07	16,23	13100	15200	13100	15200
5	125	141,3	6,55	6,55	21,77	22,07	11500	13400	11700	13100
6	150	168,3	6,35	7,11	25,36	28,58	9400	10900	10300	12400
8	200	219,1	8,18	8,18	42,55	43,73	9200	10800	9000	11000
10	250	273,0	9,27	9,27	60,29	63,36	8400	9800	8300	9700
12	300	323,8	9,52	9,52	73,78	76,21	7300	8550	7600	8300

(fonte: CONSTRUNORMAS,2017)

Logo, A é dada por:

$$A = \frac{\pi \cdot (D_e - 2 \cdot e)^2}{4} \quad (\text{fórmula 21})$$

Sendo:

D_e = Diâmetro externo (mm)

e = Espessura da parede (mm)

Com a vazão do trecho $Q_{21} = 0,00132 \text{ m}^3/\text{s}$ e a área interna da tubulação de aço galvanizado de DN 25 cujo valor é de $5,57 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2$ foi obtido uma velocidade de $v_{21} = 2,37 \text{ m/s}$ que fica abaixo da velocidade limite que é de $v = 6,0 \text{ m/s}$.

7.4.7 Vazão e pressão no chuveiro (nº2)

Para o cálculo da vazão no chuveiro automático nº 2 é necessário efetuar o cálculo da perda de carga, através da equação de *Hazen-Williams* (fórmula 4), do trecho da tubulação 2-1 (hp_{21}). Sendo: $Q_{21} = 0,00132 \text{ m}^3/\text{s}$, $C = 120$, $d_n = 0,02664 \text{ m}$ e $L_r = 4,5 \text{ m}$; obteve-se um valor para $hp_{21} = 1,47 \text{ mca}$. A pressão no chuveiro nº 2 é a soma da pressão do chuveiro nº 1, $P_1 = 9,83 \text{ mca}$ somado à perda de carga entre os chuveiros 1 e 2, $hp_{21} = 1,47 \text{ mca}$, obtêm-se a pressão no chuveiro automático $P_2 = 11,3 \text{ mca}$ ou $P_2 = 113 \text{ kPa}$.

Com esta pressão, é calculada a vazão no chuveiro automático nº 2, pela fórmula 1, tendo como fator K de descarga para o chuveiro automático de DN 15 (Tabela 15) o valor de $8,0 \text{ l/min/kPa}^{1/2}$ ou $25,3 \text{ l/min/mca}^{1/2}$ e pressão $P_2 = 11,3 \text{ mca}$ ou $P_2 = 113 \text{ kPa}$, obtendo-se um valor de vazão neste chuveiro de $Q_2 = 85,05 \text{ l/min}$ ou $Q_2 = 0,00142 \text{ m}^3/\text{s}$.

7.4.8 Dimensionamento do trecho 2-3

A vazão no trecho 2-3, Q_{32} é a soma da vazão do trecho $Q_{21} = 79,34 \text{ l/min}$ mais a vazão do trecho 2, $Q_2 = 85,04 \text{ l/min}$, resultando $Q_{32} = 164,38 \text{ l/min}$ ou $Q_{32} = 0,00274 \text{ m}^3/\text{s}$.

O diâmetro da tubulação é dado pela fórmula 19, para $Q_{32} = 0,00274 \text{ m}^3/\text{s}$ e $X = 0,0208$, obtêm-se o valor para $D_{32} = 25,6 \text{ mm}$. Adota-se o diâmetro comercial DN 32 mm.

A velocidade é dada pela fórmula 20, onde $Q_{32} = 0,00274 \text{ m}^3/\text{s}$, diâmetro externo para aço de DN 32 = 42,2 mm, espessura $e = 3,56 \text{ mm}$, obtendo-se para $v_{32} = 2,83 \text{ m/s}$, menor que a velocidade limite de 6 m/s.

7.4.9 Vazão e pressão no chuveiro (nº3)

Para o cálculo da vazão no chuveiro automático nº 3, calcula-se a perda de carga do trecho da tubulação 3-2 (hp_{32}) utilizando-se a fórmula 4. Sendo: $Q_{32} = 0,00274 \text{ m}^3/\text{s}$, $C = 120$, $d_n = 0,03508 \text{ m}$ e $L_r = 4,5 \text{ m}$; obteve-se um valor para $hp_{32} = 1,48 \text{ mca}$.

A pressão no chuveiro nº 3 é a soma da pressão do chuveiro nº 2, $P_2 = 11,3 \text{ mca}$ somado à perda de carga entre os chuveiros 2 e 3, $hp_{32} = 1,48 \text{ mca}$, obtêm-se a pressão no chuveiro automático $P_3 = 12,78 \text{ mca}$ ou $P_3 = 127,8 \text{ kPa}$.

Com esta pressão, é calculada a vazão no chuveiro automático nº 3, pela fórmula 1, tendo como fator K de descarga para o chuveiro automático de DN 15 (Tabela 15) o valor de $8,0 \text{ l/min/kPa}^{1/2}$ ou $25,3 \text{ l/min/mca}^{1/2}$ e pressão $P_3 = 12,78 \text{ mca}$ ou $P_3 = 127,8 \text{ kPa}$, obtendo-se um valor de vazão neste chuveiro de $Q_3 = 90,45 \text{ l/min}$ ou $Q_3 = 0,00151 \text{ m}^3/\text{s}$.

7.4.10 Dimensionamento do trecho 3-4

A vazão no trecho 3-4, Q_{43} é a soma da vazão do trecho $Q_{32} = 164,38 \text{ l/min}$ mais a vazão do trecho 3 $Q_3 = 90,45 \text{ l/min}$, resultando $Q_{43} = 254,85 \text{ l/min}$ ou $Q_{43} = 0,00425 \text{ m}^3/\text{s}$.

O diâmetro da tubulação é dado pela fórmula 19, para $Q_{43} = 0,00425 \text{ m}^3/\text{s}$ e $X = 0,0208$, obtêm-se o valor para $D_{43} = 32,2 \text{ mm}$. Adota-se o diâmetro comercial DN 32 mm.

A velocidade é dada pela fórmula 20, onde $Q_{43} = 0,00425 \text{ m}^3/\text{s}$, diâmetro externo para aço de DN 32 = 42,2 mm, espessura $e = 3,56 \text{ mm}$, obtendo-se para $v_{43} = 4,40 \text{ m/s}$, menor que a velocidade limite de 6 m/s.

7.4.11 Vazão e pressão no chuveiro (nº4)

Para o cálculo da vazão no chuveiro automático nº 4, calcula-se a perda de carga do trecho da tubulação 4-3 (hp_{43}) utilizando-se a fórmula 4. Sendo: $Q_{43} = 0,00425 \text{ m}^3/\text{s}$, $C = 120$, $d_n = 0,03508 \text{ m}$ e $L_r = 4,5 \text{ m}$; obteve-se um valor para $hp_{43} = 3,35 \text{ mca}$.

A pressão no chuveiro nº 4 é a soma da pressão do chuveiro nº 3, $P_3 = 12,78$ mca somado à perda de carga entre os chuveiros 3 e 4, $h_{p43} = 3,35$ mca, obtêm-se a pressão no chuveiro automático $P_4 = 16,13$ mca ou $P_4 = 161,3$ kPa.

Com esta pressão, é calculada a vazão no chuveiro automático nº 4, pela fórmula 1, tendo como fator K de descarga para o chuveiro automático de DN 15 (Tabela 15) o valor de $8,01/\text{min}/\text{kPa}^{1/2}$ ou $25,3$ l/min/mca^{1/2} e pressão $P_4 = 16,13$ mca ou $P_4 = 161,3$ kPa, obtendo-se um valor de vazão neste chuveiro de $Q_4 = 101,61$ l/min ou $Q_4 = 0,00169$ m³/s.

7.4.12 Vazão e pressão no chuveiro fictício A

Neste ponto do projeto, foi efetuado um artifício de cálculo para simplificar e tornar mais rápido o processo. Segundo Brentano (2016, p.609) o processo é definido como:

[...] a vazão acumulada “ Q_A ” no ponto A, [...], é a soma das vazões dos (4) chuveiros automáticos do sub-ramal I que estão dentro da área de operação;

[...] Depois de calculado o somatório das vazões de todos os chuveiros automáticos do sub-ramal I pertencentes à área de aplicação e a pressão no ponto “A”, necessária para produzir essas vazões, o sub-ramal I inteiro pode ser considerado como tendo as características de operação de um chuveiro automático. Logo, no ponto “A” de conexão do sub-ramal com o ramal se considera que tenha um chuveiro automático fictício instalado com a vazão dos quatro chuveiros automáticos do sub-ramal I e com a pressão no ponto A. [...]

No ponto A, onde se encontra o chuveiro fictício, o trecho de A até o chuveiro automático nº 4 é considerado como trecho com tubulação reta, sem conexões ou bicos instalados.

A vazão no trecho A-4, Q_A é a soma da vazão do trecho $Q_{43} = 254,85$ l/min mais a vazão do trecho 4 $Q_4 = 101,61$ l/min, resultando $Q_A = 356,45$ l/min ou $Q_A = 0,00594$ m³/s.

O diâmetro da tubulação é dado pela fórmula 19, para $Q_A = 0,00594$ m³/s e $X = 0,0208$, obtêm-se o valor para $D_{A4} = 38,05$ mm. Adota-se o diâmetro comercial DN 40 mm.

A velocidade é dada pela fórmula 20, onde $Q_A = 0,00594$ m³/s, diâmetro externo para aço de DN 40 = 48,3 mm, espessura $e = 3,68$ mm, obtendo-se para $v_{A4} = 4,37$ m/s, menor que a velocidade limite de 6 m/s.

Para o cálculo da vazão no chuveiro fictício A, calcula-se a perda de carga do trecho da tubulação A-4 (h_{pA4}) utilizando-se a fórmula 4. Sendo: $Q_A = 0,00594$ m³/s, $C = 120$, $d_n = 0,0416$ m, $L_r = 15,1$ m e $L_e = 2,28$ m (considerando-se 3 tês de passagem direta de 40

mm, um joelho de rosca 40 mm e uma luva de redução 40/50); obteve-se um valor para $hp_{A4} = 10,47$ mca.

A pressão no chuveiro fictício A, é a soma da pressão do chuveiro nº 4, $P_4 = 16,13$ mca somado à perda de carga entre os chuveiros 4 e A, $hp_{A4} = 10,47$ mca, obtêm-se a pressão no chuveiro fictício A, $P_A = 26,56$ mca ou $P_A = 265,6$ kPa.

Para este chuveiro fictício A, é necessário calcular o fator de descarga K (fórmula 1), tendo-se $Q_A = 356,45$ l/min e $P_A = 26,56$ mca, obtendo-se $K_A = 69,16$ l/min/mca^{1/2}.

7.4.13 Dimensionamento do trecho A-B

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

A vazão no trecho B-A, Q_{BA} é igual a vazão do trecho Q_A , $Q_{BA} = 356,43$ l/min ou $Q_{BA} = 0,00594$ m³/s.

O diâmetro da tubulação é dado pela fórmula 19 para $Q_{BA} = 0,00594$ m³/s e $X = 0,0208$, obtêm-se o valor para $D_{BA} = 38,05$ mm. Adota-se o diâmetro comercial DN 40 mm.

A velocidade é dada pela fórmula 20, onde $Q_A = 0,00594$ m³/s, diâmetro externo para aço de DN 40 = 48,3 mm, espessura $e = 3,68$ mm, obtendo-se para $v_{BA} = 4,37$ m/s, menor que a velocidade limite de 6 m/s.

7.4.14 Vazão e pressão no chuveiro fictício B

Para o cálculo da vazão no chuveiro fictício B, calcula-se a perda de carga do trecho da tubulação B-A (hp_{BA}) utilizando-se a fórmula 4. Sendo: $Q_{BA} = 0,00594$ m³/s, $C = 120$, $d_n = 0,0416$ m, $L_r = 4,3$ m e $L_e = 1,33$ m (considerando-se um joelho de rosca 40 mm); obteve-se um valor para $hp_{BA} = 3,39$ mca.

A pressão no chuveiro fictício B, é a soma da pressão do chuveiro fictício A, $P_A = 26,56$ mca somado à perda de carga entre os chuveiros fictícios A e B, $hp_{BA} = 3,39$ mca, obtêm-se a pressão no chuveiro fictício B, $P_B = 29,95$ mca ou $P_B = 299,5$ kPa.

Com esta pressão, é calculada a vazão no chuveiro fictício B, pela fórmula 1, tendo como fator K_A de descarga o valor de 22,1 l/min/kPa^{1/2} ou 69,74 l/min/mca^{1/2} e pressão $P_B = 29,95$ mca ou $P_B = 299,5$ kPa, obtendo-se um valor de vazão neste chuveiro de $Q_B = 378,5$ l/min ou $Q_B = 0,00631$ m³/s.

7.4.15 Dimensionamento do trecho B-CI

No ponto CI, onde se encontra a coluna de abastecimento, o trecho do chuveiro fictício B até CI é considerado como trecho com tubulação reta, sem conexões ou bicos instalados.

A vazão no trecho CI-B, Q_{CI-B} é igual à soma das vazões de $Q_A = 356,45$ l/min mais $Q_B = 378,5$ l/min, obtendo-se $Q_{CI-B} = 734,95$ l/min ou $Q_{CI-B} = 0,01225$ m³/s.

O diâmetro da tubulação é dado pela fórmula 19 para $Q_{CI-B} = 0,01225$ m³/s e $X = 0,0208$, obtém-se o valor para $D_{CI-B} = 54,7$ mm. Adota-se o diâmetro comercial DN 65 mm.

A velocidade é dada pela fórmula 20, onde $Q_{CI-B} = 0,01225$ m³/s, diâmetro externo para aço de DN 65 = 73,0 mm, espessura $e = 5,16$ mm, obtendo-se para $v_{CI-B} = 3,97$ m/s, menor que a velocidade limite de 6 m/s.

7.4.16 Vazão e pressão no ponto CI

Calcula-se a perda de carga do trecho da tubulação CI-B ($h_{p_{CI-B}}$) utilizando-se a fórmula 4. Sendo: $Q_{CI-B} = 0,01225$ m³/s, $C = 120$, $d_n = 0,06268$ m, $L_r = 22,9$ m; obteve-se um valor para $h_{p_{CI-B}} = 7,16$ mca.

A pressão no ponto CI, é a soma da pressão do chuveiro fictício B, $P_B = 29,95$ mca somado à perda de carga entre o chuveiro fictício B e o ponto CI, $h_{p_{CI-B}} = 7,16$ mca, obtêm-se a pressão no ponto CI, $P_{CI} = 37,11$ mca ou $P_{CI} = 371,1$ kPa.

Como não há mais nenhuma contribuição ao ramal principal, a vazão em CI será igual à vazão de B para CI; logo $Q_{CI} = 734,95$ l/min ou $Q_{CI} = 0,01225$ m³/s ou $Q_{CI} = 44,09$ m³/h.

Na tabela 18 tem-se um resumo de todo o cálculo visto:

Tabela 18 – Resumo dos valores calculados

	Vazão (m ³ /s)	Pressão (kPa)	Diâmetro Tubulação (mm)	DN (mm)	Velocidade (m/s)
Chuveiro 1	0,00132	98,3	—	—	—
Trecho 2-1	0,00132	—	17,94	25	2,37
Chuveiro 2	0,00142	113,0	—	—	—
Trecho 2-3	0,00274	—	25,6	32	2,83
Chuveiro 3	0,00151	127,8	—	—	—
Trecho 3-4	0,00425	—	32,2	32	4,40
Chuveiro 4	0,00169	161,3	—	—	—
Ponto A	0,00594	265,6	38,05	40	4,37
Trecho A-B	0,00594	—	38,05	40	4,37
Ponto B	0,00631	299,5	—	—	—
Trecho B-CI	0,01225	—	54,7	65	3,97
Ponto CI	0,01225	371,1	—	—	—

(fonte: elaborado pelo autor)

7.4.17 Diâmetros das canalizações de Recalque e Sucção

Em seu anexo B a NBR 10897 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2014) define a capacidade da bomba em função da vazão (Tabela B.3 – Dimensões nominais, p.106), dado pela tabela 19. Para uma vazão $Q_{CI}=725,23\text{l/min}$ tem-se DN 80 mm.

O diâmetro de sucção é um diâmetro acima do diâmetro da canalização de recalque, logo para a sucção tem-se DN 100 mm.

Tabela 19- Diâmetro nominal mínimo das tubulações

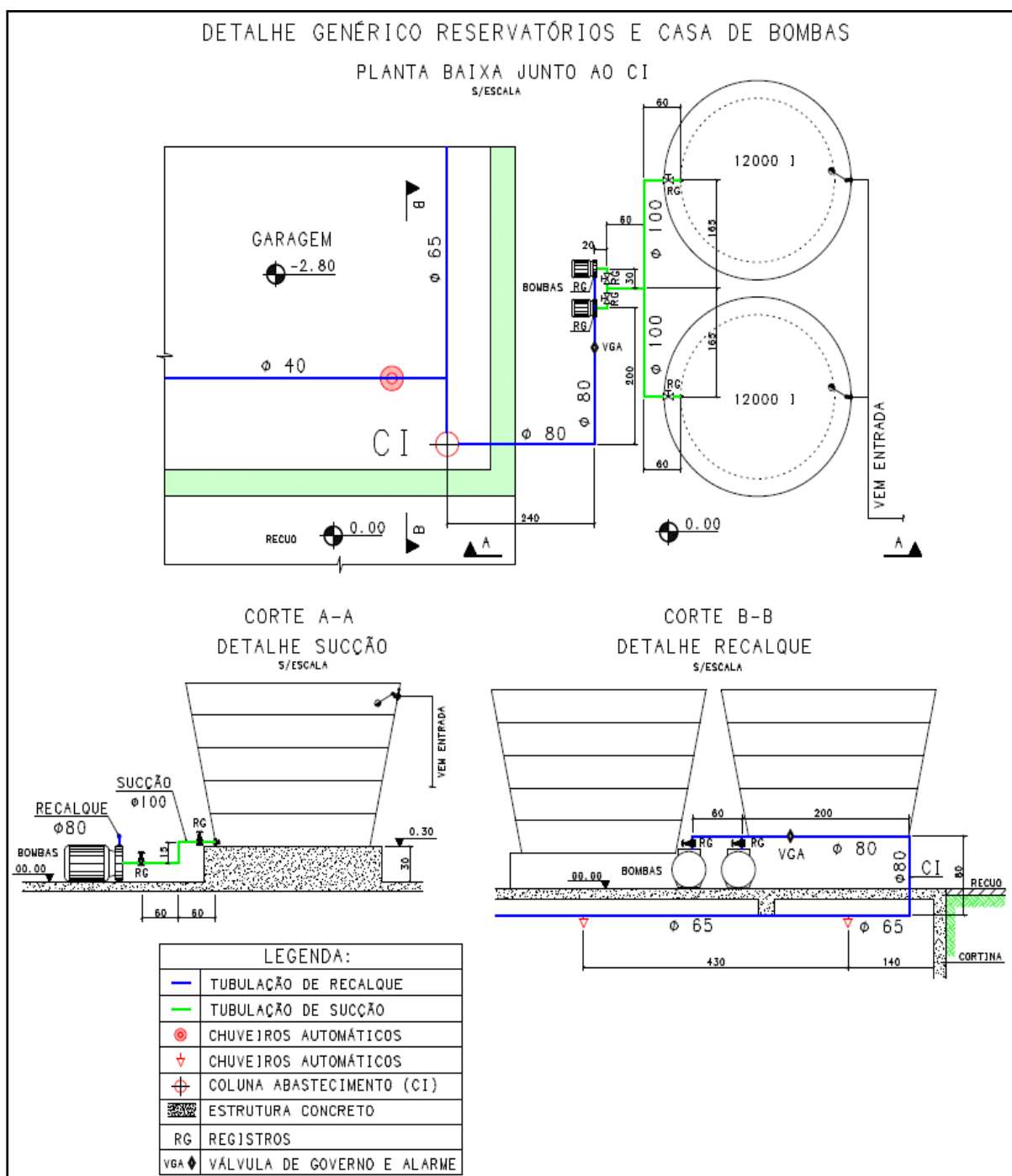
Capacidade nominal da bomba L/min	Diâmetro nominal mínimo das tubulações mm						
	Sucção	Descarga	Válvula de alívio	Descarga da válvula	Medidor de vazão	Cabeçote de ensaio	
						Tubo de alimentação	Número de válvulas de hidrantes
568	65	65	50	65	80	65	1 65
757	80	80	50	65	80	65	1 65
946	100	100	50	65	100	80	1 65
1 135	100	100	65	100	100	80	1 65
1 514	100	100	80	125	100	100	265
1 703	125	125	80	125	100	100	265
1 892	125	125	80	125	125	100	265
2 839	150	150	100	150	125	150	365
3 785	200	150	100	200	150	150	465
4 731	200	200	150	200	150	200	665
5 677	200	200	150	200	200	200	665
7 570	250	250	150	250	200	200	665
9 462	250	250	150	250	200	250	865
11 355	300	300	200	300	200	259	1265
13 247	300	300	200	300	250	300	1265
15 140	350	300	200	350	250	300	1665
17 032	400	350	200	350	250	300	1665
18 925	400	350	200	350	250	300	1265

(fonte: ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2014)

A figura 17 mostra um detalhe esquemático da planta baixa na região do ponto CI, reservatórios e casa de bombas. Os valores de cotas e níveis são apenas representativos e servem para que se tenha uma ideia inicial para o cálculo da altura manométrica total (h_m) de todo o sistema.

A planilha de cálculo com todos os valores apresentados acima está no Anexo A deste trabalho.

Figura 17- Detalhe reservatórios e casa de bombas



(fonte: elaborado pelo autor)

7.4.18 Volume da reserva técnica de incêndio (V_{RTI})

O reservatório é exclusivo para os chuveiros automáticos e foi posicionado no pavimento térreo, nível 0,00, alinhado ao ponto CI que representa a coluna de alimentação. Para o cálculo do volume total de água necessário utiliza-se a vazão calculada $Q_{CI} = 734,95$ l/min

multiplicada pelo tempo de funcionamento definido para as bombas igual a $t = 30$ min. Encontrando-se o valor para o volume total de $V_{RTI} = 22030$ l. A norma exige que os reservatórios sejam compartimentados, para permitir a limpeza e manutenção, e hermeticamente fechados. Neste caso, para reservatórios existentes no mercado, define-se o volume total em $V_{RTI} = 24000$ l, ou $V_{RTI} = 24$ m³, para dois reservatórios em plástico reforçado em fibra de vidro de volume 12000 l ou 12 m³.

7.4.19 Potência das bombas

As bombas estão no nível 0,00, junto ao reservatório e serão consideradas como afogadas. A diferença de nível entre bombas e o ponto CI é de 80 cm, ou 0,80 m. A potência da bomba pode ser calculada pela fórmula 22, abaixo:

$$N = \frac{\gamma \cdot Q_{CI} \cdot hm_t}{75 \cdot \eta} \quad (\text{fórmula 22})$$

Sendo:

N = Potência da bomba (cv)

γ = Peso específico da água (kgf/m³)

Q_{CI} = Vazão total do sistema (m³/s)

P_T = Pressão total do sistema (mca)

η = Coeficiente de rendimento do sistema (adimensional)

A pressão total do sistema é dada pela altura manométrica total, que é o somatório da pressão no ponto CI, o desnível entre a bomba e o ponto CI e as perdas de carga da canalização para sucção e recalque, dado pela fórmula 23:

$$hm_t = P_{CI} + hg_{Ri-CI} + hp_{MB-CI} + hp_{Ri-MB} \quad (\text{fórmula 23})$$

Sendo:

hm_t = Altura manométrica total (mca)

P_{CI} = Pressão no ponto CI (mca)

hg_{Ri-CI} = Desnível geométrico entre nível d'água do reservatório e ponto CI (mca)

hp_{MB-CI} = Perda de carga na canalização de recalque (mca)

hp_{Ri-MB} = Perda de carga na canalização de sucção (mca)

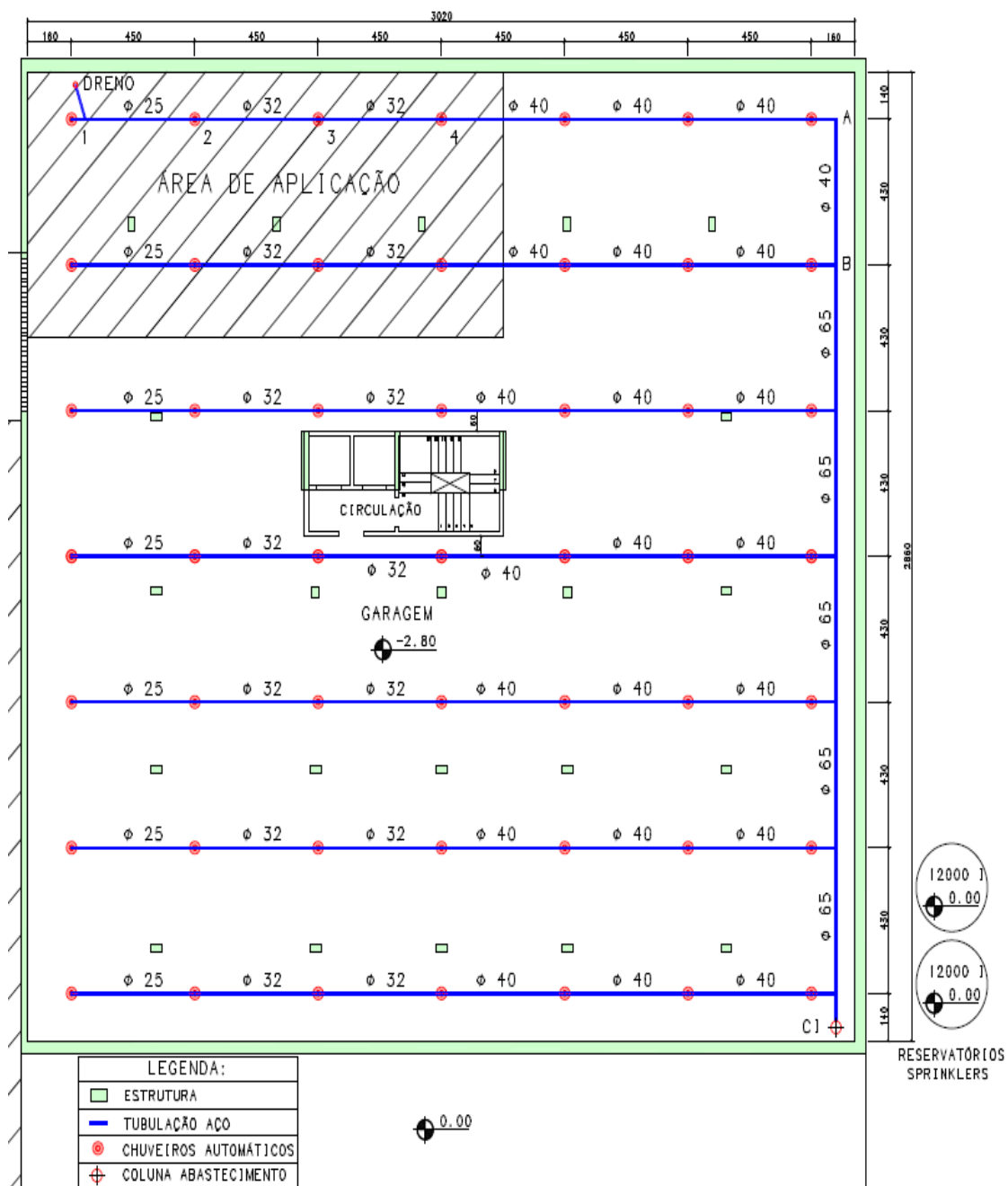
Para a altura manométrica total tem-se: $P_{CI} = 37,11$ mca; desnível geométrico entre nível d'água do reservatório e ponto CI $hg_{Ri-CI} = -0,80$ mca; a perda total na sucção dado pela

fórmula 4 , tendo-se $Q_{CI}= 0,01225 \text{ m}^3/\text{s}$, $C= 120$, $d_n= 0,1023 \text{ m}$, $L_r= 3,50 \text{ m}$ e $Le= 24,50 \text{ m}$ (considerando-se 2 registros esfera de 100 mm, dois joelhos de rosca 100 mm, uma luva de redução 100 mm e dois tês de passagem direta de 100 mm), obteve-se um valor para a perda na sucção de $hp_{Ri-MB}= 0,80 \text{ mca}$ ou $hp_{Ri-MB}= 8,0 \text{ kPa}$; a perda total no recalque dado pela fórmula 4, tendo-se $Q_{CI}= 0,01225 \text{ m}^3/\text{s}$, $C= 120$, $d_n= 0,07792 \text{ m}$, $L_r= 5,80 \text{ m}$ e $Le= 20,80 \text{ m}$ (considerando-se 2 registros esfera de 80 mm, quatro joelhos de rosca 80 mm, uma luva de redução 80-65 mm e uma válvula de governo e alarme -VGA); obteve-se um valor para $hp_{MB-CI}= 2,88 \text{ mca}$ ou $hp_{MB-CI}= 28,2 \text{ kPa}$. Substituindo-se na fórmula 23, obtém-se para a altura manométrica total, $hm_t= 39,99 \text{ mca}$ ou $hm_t= 399,9 \text{ kPa}$.

Aproximando-se o peso específico da água para $\gamma= 1000 \text{ kgf/m}^3$, a vazão total do sistema $Q_{CI}= 0,01225 \text{ m}^3/\text{s}$, $hm_t= 39,99 \text{ mca}$ e rendimento da bomba em 75% (0,75) obtém-se para a potência da bomba $N= 8,7 \text{ cv}$. Brentano (p. 431) recomenda um acréscimo de 20% na potência calculada, obtendo-se $N= 10,5 \text{ cv}$. Define-se a potência nominal da bomba em $N= 10 \text{ cv}$, uma vazão $Q_{CI}= 734,95 \text{ l/min}$ e uma altura manométrica $hm_t = 39,99 \text{ mca}$.

A figura 18 apresenta a planta baixa com o dimensionamento das canalizações, calculados anteriormente.

Figura 18- Distribuição dos chuveiros, área de aplicação e diâmetros das tubulações



(fonte: elaborado pelo autor)

8 APRESENTAÇÃO DOS CUSTOS DE IMPLANTAÇÃO

Os custos de implantação do sistema de chuveiros automáticos dimensionados neste trabalho foram estimados a partir das informações fornecidas pela empresa Macc Extintores que possui certificação do INMETRO (INSTITUTO NACIONAL DE METROLOGIA, QUALIDADE E TECNOLOGIA) através do Registro N° 003460/2012 e CREA-RS (CONSELHO REGIONAL DE ENGENHARIA E AGRONOMIA DO RIO GRANDE DO SUL) através do N° 95.862.

8.1 CUSTO DE IMPLANTAÇÃO

Para o cálculo do custo de implantação, foi fornecida à empresa a planta baixa da figura 17 juntamente com uma lista dos materiais básicos necessários para a implantação dos chuveiros automáticos, conforme a tabela 20:

Tabela 20- Lista dos materiais básicos

MATERIAL	quant.
SPRINKLER – PENDENTE APARENTE	56 un.
TUBO AÇO GALVANIZADO ϕ 25mm	34 m
JOELHO AÇO GALVANIZADO ϕ 25mm	7 un.
TÊ AÇO GALVANIZADO ϕ 25mm	1 un.
TUBO AÇO GALVANIZADO ϕ 32mm	63 m
TÊ AÇO GALVANIZADO ϕ 32mm	7 un.
TÊ REDUÇÃO (32-25) AÇO GALVANIZADO	7 un.
TUBO AÇO GALVANIZADO ϕ 40mm	100 m
TÊ AÇO GALVANIZADO ϕ 40mm	15 un.
TÊ REDUÇÃO (40-32) AÇO GALVANIZADO	7 un.
TUBO AÇO GALVANIZADO ϕ 65mm	23 m
TÊ REDUÇÃO (65-40) AÇO GALVANIZADO	6 un.
TUBO AÇO GALVANIZADO ϕ 80mm	6 m
JOELHO AÇO GALVANIZADO ϕ 80mm	3 un.
TÊ REDUÇÃO (80-65) AÇO GALVANIZADO	1 un.
TUBO AÇO GALVANIZADO ϕ 100mm	3 m
REGISTRO GLOBO ϕ 25mm	1 un.
REGISTRO GAVETA ϕ 100mm	2 un.
REGISTRO GAVETA ϕ 80mm	6 un.
RESERVATÓRIO EM FIBRA – 12.000 LITROS	2 un.
TIRANTES DE FIXAÇÃO ϕ 9,5 mm	60 un.
PRESSÓSTATO – PARTIDA BOMBAS	1 un.
VÁLVULA DE GOVERNO E ALARME	1 un.
MANÔMETROS	4 un.
BOMBAS 10 cv.	2 un.

(fonte: elaborado pelo autor)

Não havendo necessidade de um orçamento mais detalhado, foi solicitado à empresa um resumo com os valores totais para material, mão de obra e manutenção:

- a) Material – R\$ 75.000,00 reais.
- b) Mão de obra – R\$ 55.000,00 reais.
- c) Manutenção mensal – R\$ 600,00 reais.

Para a colocação dos chuveiros, o custo total resultou igual a R\$ 130.000,00, e para este caso foi considerado uma obra padrão, não havendo qualquer dificuldade para a instalação dos equipamentos. A manutenção é mensal, não abrangendo a troca de materiais, e segue os parâmetros da NBR 10897 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2014) em seu anexo C (Tabela C.3 – Resumo de inspeções, ensaios e manutenção em sistemas de chuveiros automáticos, p.126), conforme a tabela 21 abaixo:

Tabela 21- Resumo de inspeções, ensaios e manutenção em sistemas de chuveiros automáticos

Itens	Atividade	Frequência	
Válvulas de controle (com lacre)	Inspeção	Semanal	
Válvulas de controle (com cadeado ou ligadas ao sistema de alarme)		Mensal	
Alarmes		Trimestral	
Manômetros		Mensal	
Conexão de inspeção (dreno de fim de linha)		Mensal	
Placa de dados		Trimestral	
Tubulação e conexões		Anual	
Suportes		Anual	
Chuveiros automáticos		Anual	
Chuveiros automáticos sobressalentes		Anual	
Registro de recalque		Mensal	
Alarmes		Trimestral/semestral	
Dreno principal		Anual	
Manômetros		5 anos	
Chaves de fluxo	Trimestral		
Chuveiros automáticos – temperatura extra-alta	Ensaios/testes	5 anos	
Chuveiros automáticos – resposta rápida		Após 20 anos e a cada 10 anos depois	
Chuveiros automáticos		Após 50 anos e a cada 10 anos depois	
Lavagem das redes		5 anos	
Bombas		Semanal	
Válvulas		Manutenção	Anual, ou conforme necessário
Investigação de obstruções			A cada 5 anos, ou conforme necessário
Bombas	Desempenho	Anual	

(fonte: ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2014)

Considerando-se a manutenção mensal de R\$ 600,00, o valor anual da manutenção, sem inclusão de troca de materiais, é de R\$ 7.200,00 reais.

9 Estudo de Caso – Análise de Obra Padrão

Em todo empreendimento imobiliário, parte-se do pressuposto da necessidade de uma avaliação do empreendimento para a verificação da viabilidade financeira e mercadológica do mesmo. Para isto são analisados vários fatores e índices de mercado que formatarão um valor venal de venda da respectiva obra, definindo o preço final cobrado do consumidor.

Para a análise de uma obra padrão foram adotados alguns índices oficiais para que se possa formatar um valor venal para o tipo específico de empreendimento que foi estudado. Alguns valores foram coletados através do mercado imobiliário e outros perante as construtoras. Os valores aqui especificados são apenas uma estimativa, muito próxima à realizada pelos empreendedores para viabilidade técnica e financeira de um empreendimento.

Para o cálculo dos valores foi utilizado a tabela do CUB-RS (CUSTO UNITÁRIO BÁSICO DO RIO GRANDE DO SUL) publicado pelo SINDUSCON-RS (SINDICATO DA INDÚSTRIA DA CONSTRUÇÃO CIVIL NO ESTADO DO RIO GRANDE DO SUL).

Abaixo a tabela 22 com o CUB-RS para o ano de 2017.

Tabela 22- Evolução do CUB-RS para 2017

PROJETOS		Padrão de acabamento	Código	2017											
				JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ
RESIDENCIAIS															
R - 1 (Res. Unifamiliar)	Baixo	R 1-B	1.342,20	1.341,63	1.350.090	1.348,97	1.351,93	1.376,20	1.374,31	1.380,32	1.381,41	1.378,49	1.389,51	1.394,76	
	Normal	R 1-N	1.688,74	1.688,65	1.693.190	1.691,38	1.692,63	1.730,10	1.730,50	1.736,06	1.737,53	1.735,15	1.748,88	1.752,62	
	Alto	R 1-A	2.106,98	2.109,25	2.112.040	2.111,62	2.113,17	2.157,59	2.161,35	2.166,87	2.167,70	2.165,59	2.183,64	2.188,39	
PP (Prédio Popular)	Baixo	PP 4-B	1.212,64	1.215,03	1.220.970	1.221,37	1.223,32	1.241,06	1.241,30	1.245,90	1.248,31	1.248,13	1.260,29	1.263,16	
	Normal	PP 4-N	1.610,94	1.611,07	1.617.160	1.615,95	1.617,54	1.649,35	1.648,54	1.655,52	1.657,28	1.653,97	1.671,16	1.676,05	
R - 8 (Res. Multifamiliar)	Baixo	R 8-B	1.150,21	1.152,91	1.159.050	1.159,29	1.161,54	1.177,95	1.178,50	1.183,27	1.186,11	1.185,58	1.198,52	1.201,15	
	Normal	R 8-N	1.385,72	1.387,13	1.390.490	1.389,53	1.390,34	1.418,43	1.419,91	1.425,11	1.427,33	1.425,93	1.440,62	1.443,46	
	Alto	R 8-A	1.702,47	1.705,47	1.707.880	1.707,79	1.709,61	1.742,05	1.745,17	1.751,14	1.753,59	1.752,44	1.770,84	1.775,23	
R - 16 (Res. Multifamiliar)	Normal	R 16-N	1.344,89	1.346,46	1.349.680	1.349,00	1.350,10	1.377,83	1.380,03	1.385,30	1.387,34	1.386,31	1.400,99	1.403,66	
	Alto	R 16-A	1.738,54	1.741,34	1.743.840	1.742,88	1.744,59	1.775,77	1.776,85	1.782,75	1.784,86	1.783,22	1.803,91	1.807,90	
PIS (Projeto Inter. Social)			940,17	943,09	946.590	947,79	948,98	964,87	964,18	967,09	968,11	969,55	976,98	979,93	
RPQ1 (Residência Popular)		RP1Q	1.397,17	1.399,75	1.402.980	1.402,86	1.403,05	1.436,90	1.439,99	1.441,58	1.442,87	1.446,43	1.454,85	1.455,22	
COMERCIAIS															
CAL - 8 (Com. Andar Livres)	Normal	CAL 8-N	1.636,99	1.637,77	1.639,42	1.638,51	1.639,99	1.671,69	1.672,86	1.679,29	1.679,95	1.678,61	1.699,43	1.702,89	
	Alto	CAL 8-A	1.807,02	1.808,23	1.807,26	1.806,45	1.808,23	1.841,35	1.842,82	1.848,67	1.848,56	1.848,13	1.871,19	1.873,98	
CSL - 8 (Com. Salas e Lojas)	Normal	CSL 8-N	1.367,00	1.368,61	1.373,06	1.371,99	1.373,49	1.400,53	1.401,40	1.407,45	1.409,62	1.407,93	1.424,03	1.426,93	
	Alto	CSL 8-A	1.575,15	1.578,24	1.582,14	1.581,20	1.582,90	1.611,37	1.612,33	1.618,38	1.620,43	1.620,46	1.637,75	1.640,58	
CSL - 16 (Com. Salas e Lojas)	Normal	CSL 16-N	1.825,95	1.828,36	1.832,67	1.831,25	1.832,57	1.867,68	1.868,76	1.876,81	1.879,92	1.878,37	1.900,31	1.904,19	
	Alto	CSL 16-A	2.099,58	2.103,84	2.107,31	2.106,04	2.107,61	2.144,79	2.146,04	2.154,09	2.157,02	2.157,61	2.181,37	2.185,21	
GI (Galpão Industrial)		GI	725,76	727,06	728,42	728,24	728,72	742,69	744,86	746,60	747,86	748,64	756,26	756,87	

(fonte: SINDUSCON-RS)

9.1 CUSTO DO EMPREENDIMENTO

Para o cálculo do valor total da obra foi feito a soma dos valores: de compra do terreno, dos projetos estrutural, arquitetônico, hidráulico e elétrico, e o custo da construção.

Cada apartamento tem 80 m² de área útil e no mínimo uma vaga na garagem. Na análise deste trabalho, o subsolo tem 36 vagas, o segundo pavimento, em pilotis, com mais 36 vagas e no térreo, caso necessário, as vagas para completar uma vaga mínima por habitação.

Foram considerados para a análise, cinco tipos de edificações com os respectivos padrões construtivos dados pela tabela 22:

- a) Seis pavimentos: seis apartamentos por andar e 80m² de área por apartamento mais 120 m² de área de circulação e área total do tipo de 3600 m². Utilizando-se estes valores para padrão normal e padrão alto do CUB-RS para R8-N e R8-A, respectivamente.
- b) Oito pavimentos: seis apartamentos por andar, com 80 m² de área por apartamento mais 120 m² de área de circulação e área total do tipo de 4800 m². Utilizando-se estes valores para padrão normal e padrão alto do CUB-RS para R8-N e R8-A, respectivamente.
- c) Dez pavimentos: seis apartamentos por andar, com 80 m² de área por apartamento mais 120 m² de área de circulação e área total do tipo de 6000 m². Utilizando-se estes valores para padrão normal e padrão alto do CUB-RS para R16-N e R16-A, respectivamente.
- d) Doze pavimentos: seis apartamentos por andar, com 80 m² de área por apartamento mais 120 m² de área de circulação e área total do tipo de 7200 m². Utilizando-se estes valores para padrão normal e padrão alto do CUB-RS para R16-N e R16-A, respectivamente.
- e) Quatorze pavimentos: seis apartamentos por andar, com 80 m² de área por apartamento mais 120 m² de área de circulação e área total do tipo de 8400 m². Utilizando-se os valores para padrão normal e padrão alto do CUB-RS para R16-N e R16-A, respectivamente.

9.1.1 Valor de compra do terreno

Para se chegar a valores de compra de terrenos na zona sul de Porto Alegre, foi feito contato com a Roncatto Engenharia, empresa da área da construção que possui empreendimentos na zona sul da cidade e os valores dos terrenos estão cotados atualmente entre R\$ 1.800,00 reais/m² a R\$ 2.300,00 reais/m². O preço varia dependendo da região e do índice de construção. Este índice é fornecido pela Prefeitura Municipal de Porto Alegre e indica a altura máxima de um empreendimento, o tipo (residencial ou comercial) e a área máxima construída em função das dimensões do terreno (basicamente). Para simplificação, não foi adotada nenhuma diferença de índice para as edificações analisadas, mantendo-se fixas as dimensões do terreno e seu valor venal, e, portanto, cumprindo os parâmetros legais de ocupação exigidos pela prefeitura.

Neste trabalho, o terreno tem dimensões de 37 m de frente por 38 m de fundos, tendo uma área total de $A_t = 1406 \text{ m}^2$. Foi utilizado um valor de R\$ 1.900,00 reais/m² para edificação com padrão normal e de R\$ 2.300,00 reais/m² para edificação com padrão alto.

Tendo-se a metragem quadrada de terreno e o preço por metro quadrado, chega-se ao valor total do terreno de R\$ 2.680.000,00 reais para padrão normal e de R\$ 3.240.000,00 reais para padrão alto. Adicionando-se o ITBI (Imposto de Transmissão de Bens Imóveis) de 3,0 %, obtêm-se os valores totais do terreno de R\$ 2.760.000,00 reais para padrão normal e de R\$ 3.340.000,00 reais para padrão alto.

9.1.2 Preço dos projetos: arquitetônico, estrutural, elétrico e hidráulico

Os preços cobrados dos projetos podem ter variações substanciais entre escritórios concorrentes, e estas variações dependem de alguns fatores: nome no mercado, custo de funcionamento do escritório, oferta de serviços, concorrência entre empresas, etc. Estes preços geralmente estão em função da metragem quadrada construída de um empreendimento e, para tanto, é necessário dimensionar-se a área total deste estudo de caso. Como se tem cinco obras diferentes, com quantidades de pavimentos tipos distintas, foi calculado inicialmente a metragem quadrada dos pavimentos que não tem variação de área e servem como referência para todas as edificações analisadas:

- a) SUBSOLO: tendo-se a área construída com dimensões de 28,6 m por 30,2 m,

- obtendo-se a área $A = 864,0 \text{ m}^2$.
- b) TÉRREO: tendo-se a área construída com dimensões de 32,0 m por 35,3 m, obtendo-se a área $A = 1128,0 \text{ m}^2$.
- c) SEGUNDO: tendo-se a área construída com dimensões de 28,6 m por 30,2 m, obtendo-se a área $A = 864,0 \text{ m}^2$.
- d) COBERTURA: tendo-se a área construída com dimensões de 20,0 m por 30,0 m, obtendo-se a área $A = 600,0 \text{ m}^2$.
- e) CASA DE MÁQUINAS = tendo-se a área construída de 15,0 m por 16,0 m, obtendo-se a área de $A = 240,0 \text{ m}^2$.

A área parcial da edificação, sem considerar o pavimento tipo, é a soma de todos os itens acima, e equivale a $A_p = 3.696,0 \text{ m}^2$.

Para análise dos exemplos, foi feita a soma das áreas totais dos pavimentos tipo, listados em 9.1, com a área parcial da edificação, A_p , obtendo-se a área total construída de cada edificação, dado pela tabela 23.

Tabela 23- Área total construída para os padrões das edificações

Nº Pav.Tipos / Padrão Edificação	ÁREA CONSTRUÍDA TOTAL
6 Pav. – R8-N e R8-A	7296,0 m ²
8 Pav. – R8-N e R8-A	8496,0 m ²
10 Pav. – R16-N e R16-A	9696,0 m ²
12 Pav. – R16-N e R16-A	10896,0 m ²
14 Pav. – R16-N e R16-A	12096,0 m ²

(fonte: elaborado pelo autor)

Os preços médios dos projetos estão listados abaixo:

- a) Projeto Estrutural – o preço varia entre R\$ 10,00 a R\$ 18,00 reais/m² de área construída total.
- b) Projeto Arquitetônico – o preço varia entre R\$ 30,00 a R\$ 45,00 reais/m² de área construída total.
- c) Projeto Elétrico – o preço varia entre R\$ 8,00 a R\$ 15,00 reais/m² de área construída total.

d) Projeto Hidráulico – o preço varia entre R\$ 8,00 a R\$ 15,00 reais/m² de área construída total.

Como existem variações grandes nos valores apresentados, fez-se pesquisa de mercado com a Fourcorp Engenharia, especializada nestes tipos de projeto, para se ter um valor aproximado para este trabalho, obtendo-se os valores: Projeto Estrutural no valor de R\$ 15,00 reais/m² de área construída, Projeto Arquitetônico no valor de R\$ 40,00 reais/m² de área construída, Projeto Elétrico no valor de 8,00 reais/m² de área construída e Projeto Hidráulico no valor de R\$ 12,00/m² de área construída. Para o custo total de todos os projetos fez-se a soma dos valores, obtendo-se R\$ 75,00 reais/m² de área construída. Para o custo total do projeto, foi multiplicado o valor total dos projetos e a área construída total dada pela tabela 23, obtendo-se os valores dados na tabela 24.

Tabela 24- Valor total dos projetos em função da área

Nº Pav. - Padrão – Área Total	VALOR TOTAL (R\$)
6 Pav. - R8-N - R8-A – 7296,0 m ²	R\$ 547.000,00
8 Pav. - R8-N - R8-A – 8496,0 m ²	R\$ 637.000,00
10 Pav. – R16-N – R16-A – 9696,0 m ²	R\$ 727.000,00
12 Pav. – R16-N – R16-A – 10896,0 m ²	R\$ 817.000,00
14 Pav. – R16-N – R16-A – 12096,0 m ²	R\$ 907.000,00

(fonte: elaborado pelo autor)

9.1.3 Custo da construção

Para o preço da construção, foi utilizado o valor do CUB-RS, tabela 22, para um projeto de residência multifamiliar. Para o padrão normal de acabamento com até oito pavimentos (R8-N) tem-se o valor de R\$ 1.443,46 reais/m² construído, para o padrão alto de acabamento com até oito pavimentos (R8-A) tem-se o valor de R\$ 1.775,23 reais/m² construído, para o padrão normal de acabamento até dezesseis pavimentos (R16-N) tem-se o valor de R\$ 1.403,66 reais/m² construído e para padrão alto de acabamento até dezesseis pavimentos (R16-A) tem-se o valor de R\$ 1.807,90 reais/m² construído. Desta forma, consegue-se uma estimativa de custo para as condições de quantidades diferentes de pavimentos com diferentes padrões de

qualidade. Estes valores foram multiplicados pela área total da construção, e os resultados estão na tabela 25.

Tabela 25- Valor de construção

Nº Pav. - Padrão – Área Total	VALOR DE CONSTRUÇÃO (R\$)
6 Pav. - R8-N – 7296,0 m ²	R\$ 10.600.000,00
6 Pav. - R8-A – 7296,0 m ²	R\$ 13.000.000,00
8 Pav. - R8-N – 8496,0 m ²	R\$ 12.300.000,00
8 Pav. - R8-A – 8496,0 m ²	R\$ 15.100.000,00
10 Pav. – R16-N – 9696,0 m ²	R\$ 13.700.000,00
10 Pav. – R16-A – 9696,0 m ²	R\$ 17.600.000,00
12 Pav. – R16-N – 10896,0 m ²	R\$ 15.300.000,00
12 Pav. – R16-A – 10896,0 m ²	R\$ 19.700.000,00
14 Pav. – R16-N – 12096,0 m ²	R\$ 17.000.000,00
14 Pav. – R16-A – 12096,0 m ²	R\$ 21.900.000,00

(fonte: elaborado pelo autor)

9.1.4 Valor total da obra

Para obter-se a o valor total para o empreendimento foi feita a soma dos valores encontrados para o valor do terreno, item 9.1.1; dos preços totais dos projetos estrutural, arquitetônico, elétrico e hidráulico, item 9.1.2; e o valor de construção, dado pelo item 9.1.3. Os resultados foram separados conforme o número de pavimentos (6, 8, 10, 12 ou 14 pavimentos), o padrão da edificação (normal ou alto) e a área total de cada edificação, o que está representado na tabela 26.

Tabela 26- Valor total da obra

Nº Pav. - Padrão	VALOR TOTAL OBRA (R\$)
6 Pav. - R8-N	R\$ 14.000.000,00
6 Pav. - R8-A	R\$ 17.000.000,00
8 Pav. - R8-N	R\$ 16.000.000,00
8 Pav. - R8-A	R\$ 19.000.000,00
10 Pav. – R16-N	R\$ 17.500.000,00
10 Pav. – R16-A	R\$ 22.000.000,00
12 Pav. – R16-N	R\$ 19.000.000,00
12 Pav. – R16-A	R\$ 24.000.000,00
14 Pav. – R16-N	R\$ 21.000.000,00
14 Pav. – R16-A	R\$ 26.000.000,00

(fonte: elaborado pelo autor)

9.4 VALOR DE VENDA DO EMPREENDIMENTO

Segundo a Roncatto Engenharia, no mercado atual a cotação para venda de apartamentos na zona sul de Porto Alegre está entre R\$ 5.000,00 a R\$ 8.000,00 reais o metro quadrado de área útil do apartamento, dependendo do padrão de qualidade da obra.

Considerando-se para o padrão normal o valor de R\$ 6.500,00 reais/m² de área útil, e para o padrão alto o valor de R\$ 8.000,00 reais/m² de área útil, multiplica-se este valor pela quantidade de apartamentos por pavimento e o número de pavimentos tipo de cada edificação, respectivamente ao padrão construtivo, normal ou alto.

Fazendo-se uma verificação dos valores de venda do metro quadrado de área útil, através de pesquisa no ZAP IMÓVEIS, para a zona sul de Porto Alegre, no bairro Ipanema, chega-se a valores muito próximos ao indicado pela Roncatto Engenharia.

Destes valores encontrados, foi descontado 6% da taxa de corretagem, obtendo-se para os valores totais de venda indicados na tabela 27.

Tabela 27- Valor de venda do empreendimento

Nº Pav. - Padrão – Área - Q_n	VALOR DE VENDA (R\$)
6 Pav. - R8-N – 80,0 m ² - 36	R\$ 17.500.000,00
6 Pav. - R8-A – 80,0 m ² - 36	R\$ 21.700.000,00
8 Pav. - R8-N – 80,0 m ² - 48	R\$ 23.500.000,00
8 Pav. - R8-A – 80,0 m ² - 48	R\$ 28.900.000,00
10 Pav. – R16-N – 80,0 m ² - 60	R\$ 29.400.000,00
10 Pav. – R16-A – 80,0 m ² - 60	R\$ 36.000.000,00
12 Pav. – R16-N – 80,0 m ² - 72	R\$ 35.200.000,00
12 Pav. – R16-A – 80,0 m ² - 72	R\$ 43.300.000,00
14 Pav. – R16-N – 80,0 m ² - 84	R\$ 41.000.000,00
14 Pav. – R16-A – 80,0 m ² - 84	R\$ 50.500.000,00

(fonte: elaborado pelo autor)

Sendo:

Q_n = Quantidade total de apartamentos na edificação.

9.5 LUCRO DO EMPREENDIMENTO

Para o cálculo do lucro utiliza-se o valor total de venda obtido em 9.4 (tabela 27) menos o valor total da obra obtido em 9.3.4 (tabela 26), seguindo os padrões dos projetos e a quantidade de pavimentos para cada edificação. Os valores são apresentados na tabela 28, lucro do empreendimento.

Tabela 28- Lucro do empreendimento

Nº Pav. - Padrão	LUCRO (R\$)
6 Pav. - R8-N	R\$ 3.500.000,00
6 Pav. - R8-A	R\$ 4.700.000,00
8 Pav. - R8-N	R\$ 7.500.000,00
8 Pav. - R8-A	R\$ 9.900.000,00
10 Pav. – R16-N	R\$ 11.900.000,00
10 Pav. – R16-A	R\$ 14.000.000,00
12 Pav. – R16-N	R\$ 16.200.000,00
12 Pav. – R16-A	R\$ 19.300.000,00
14 Pav. – R16-N	R\$ 20.000.000,00
14 Pav. – R16-A	R\$ 24.500.000,00

(fonte: elaborado pelo autor)

9.6 COMPARATIVOS DO CUSTO DE IMPLANTAÇÃO COM O VALOR DE CONSTRUÇÃO E COM O LUCRO

Comparando-se o valor total de construção com o custo da instalação de chuveiros automáticos, chega-se a um valor percentual deste custo:

- a) 6 Pav. – R8-N: equivalente a 0,92% do custo total da construção.
- b) 6 Pav. – R8-A: equivalente a 0,76% do custo total da construção.
- c) 8 Pav. – R8-N: equivalente a 0,81% do custo total da construção.
- d) 8 Pav. – R8-A: equivalente a 0,68% do custo total da construção.
- e) 10 Pav. – R16-N: equivalente a 0,74% do custo total da construção.
- f) 10 Pav. – R16-A: equivalente a 0,59% do custo total da construção.
- g) 12 Pav. – R16-N: equivalente a 0,68% do custo total da construção.
- h) 12 Pav. – R16-A: equivalente a 0,54% do custo total da construção.
- i) 14 Pav. – R16-N: equivalente a 0,62% do custo total da construção.
- j) 14 Pav. – R16-A: equivalente a 0,50% do custo total da construção.

Comparando-se o lucro obtido em cada empreendimento com o custo da instalação de chuveiros automáticos, chega-se a um valor percentual deste custo:

- a) 6 Pav. – R8-N: equivalente a 3,71% do lucro total.
- b) 6 Pav. – R8-A: equivalente a 2,77% do lucro total.
- c) 8 Pav. – R8-N: equivalente a 1,73% do lucro total.
- d) 8 Pav. – R8-A: equivalente a 1,31% do lucro total.
- e) 10 Pav. – R16-N: equivalente a 1,09% do lucro total.
- f) 10 Pav. – R16-A: equivalente a 0,93% do lucro total.
- g) 12 Pav. – R16-N: equivalente a 0,80% do lucro total.
- h) 12 Pav. – R16-A: equivalente a 0,67% do lucro total.
- i) 14 Pav. – R16-N: equivalente a 0,65% do lucro total.
- j) 14 Pav. – R16-A: equivalente a 0,53% do lucro total.

10 CONCLUSÃO

A questão a ser abordada é em relação à NBR 10897 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2014) a qual não faz qualquer tipo de menção à colocação de *sprinklers* em garagens residenciais. Esta omissão faz com que o projetista tenha que decidir qual padrão de risco a ser adotado, o que pode ser um fator importante na consideração deste e do custo final da instalação.

O objetivo principal deste trabalho, cálculo de chuveiros automáticos para uma garagem de subsolo em prédio residencial através do cálculo hidráulico, foi atingido plenamente. Como não existem exigências na legislação quanto a isso, pode-se extrapolar em outros trabalhos para RISCO ORDINÁRIO I, ampliando o arcabouço teórico para este tipo de situação. Mesmo que as quantidades de material se modifiquem, e prevendo que houvesse um acréscimo de 50% no custo da instalação, ainda assim, se ficaria com valores baixos em relação ao custo total da obra para sua execução.

Comparando-se o custo total da obra com o valor de instalação de chuveiros automáticos, para a edificação com seis pavimentos e padrão normal, tem-se o maior valor percentual equivalente ao custo total da construção, de 0,92%, e em relação ao lucro total, tem-se um valor percentual de 3,71%. No outro extremo, para uma edificação de quatorze pavimentos e padrão alto, tem-se o menor valor percentual ao custo total de construção, de 0,5%, e em relação ao lucro total, tem-se um valor percentual de 0,53%. Os dois extremos mostram que existe viabilidade econômica de implantação dos chuveiros automáticos, apenas afetando mais expressivamente os empreendimentos com menores quantidades de pavimentos. Entendendo que os valores apresentados necessitariam de uma avaliação mais profunda, o resultado mostra o impacto considerado baixo sobre o custo total da edificação.

A maneira como os cálculos foram apresentados, neste trabalho, auxiliaram no dimensionamento de uma rede de chuveiros automáticos por cálculo hidráulico, e poderão servir de base a profissionais para auxiliar no dimensionamento de projetos reais, apenas com a ressalva de que o projeto foi calculado para risco leve.

Sugere-se uma pesquisa com o Corpo de Bombeiros de Porto Alegre para a verificação da incidência de incêndios em garagens residenciais. Esta informação pode influenciar empresas de construção a adotarem os chuveiros automáticos em garagens de subsolo em prédios residenciais. Em outra pesquisa, podem-se verificar os casos ocorridos e as providências exigidas pelo Corpo de Bombeiros em relação ao local do sinistro, como laudo de engenheiro em relação à estrutura, custo de reformas, etc.. Outra sugestão seria aprofundar-se o cálculo dos custos de construção de uma edificação para se ter um real valor do preço total de uma edificação, obtendo-se um comparativo em relação ao custo de instalação de chuveiros automáticos mais próximos da realidade.

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.

_____. **NBRISO 7240-20** – sistemas de detecção e alarmes de incêndio. Rio de Janeiro, 2016.

_____. **NBR13714** – sistemas de hidrantes e mangotinhos para combate a incêndios. Rio de Janeiro, 2011.

_____. **NBR12721** – avaliação de custos unitários de construção para incorporação imobiliária e outras disposições para condomínios edifícios. Rio de Janeiro, 2006.

AGUIAR, J. **Definição do coeficiente de Hazen-Williams**. Disponível em: <<http://jorcyaguiar.blogspot.com.br/2011/11/determinacao-do-coeficiente-c-de-hazen.html#!/2011/11/determinacao-do-coeficiente-c-de-hazen.html>> Acesso em: 12 set. 2017.

BOMBEIROS WALDO. **Cores padrões para ampolas de vidro de sprinklers**. Disponível em: <<http://bombeiroswaldo.blogspot.com.br/2012/10/chuveiros-automaticos-sprinklers.html>> Acesso em: 20 jun. 2017.

BUCKA. **Os dez incêndios mais famosos do mundo**. Disponível em <<http://www.bucka.com.br/os-10-incendios-mais-famosos-do-mundo>> Acesso em: 30 mar. 2017.

BRENTANO, T. **Instalações hidráulicas de combate a incêndios nas edificações**. 5. ed. Porto Alegre, 2016.

BRITISH AUTOMATIC FIRE SPRINKLER ASSOCIATION LTD. **Sprinkler Facts**. Ely, c2013. Disponível em: <<http://www.bafsa.org.uk/sprinklers.facts.php>>. Acesso em: 10 set. 2017.

CONSTRUNORMAS. **Tubos e conexões de aço galvanizado**. Disponível em: <<http://construnormas.pini.com.br/engenharia-instalacoes/instalacoes-hidrossanitarias/artigo341238-1.aspx>> Acesso em 20 nov. 2017.

CORPO DE BOMBEIROS MILITAR DO RIO GRANDE DO SUL. **Legislação: leis, decretos, resoluções técnicas, instruções técnicas, instruções normativas**. Disponível em: <<http://www.cbm.rs.gov.br/legislacao>> Acesso em: 08 jun. 2017

CREDER, H. **Instalações hidráulicas e sanitárias** 6. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2006.

FERNANDES, C. **02 de Setembro – Grande Incêndio de Londres; Brasil Escola**. Disponível em <<http://brasilecola.uol.com.br/datas-comemorativas/incendio-londres.htm>>. Acesso em: 25 mar. 2017.

FERREIRA, E. **Enciclopédia Segurança**. São Paulo: Centrais Imppressoras Brasileiras, 1985 –vol. 5: LTC 1987.

FIRE PROTECTION 24. **Sprinkler tipo spray**. Disponível em: <<http://www.fireprotection24.eu/en/tryskacz-f1-sp.html> > Acesso em: 26 jan. 2018.

GLOBO. **Globo recria a boate da tragédia de Santa Maria em tamanho natural e explica o ocorrido**. Disponível em: <<https://www.youtube.com/watch?v=k2IRDxaI5jY>> Acesso em 15 abr. 2017.

GMF MONTAGENS. **Montagens industriais e manutenções**. Disponível em: <<http://www.gmfmontagens.com.br/servicos/hidrantes-e-sprinklers/5>> Acesso em: 05 jul. 2017.

GUERRA, A. COELHO, J. LEITÃO, R. **Escola Nacional de Bombeiros – Fenomenologia da combustão e extintores – Manual de formação inicial do bombeiro, vol. VII**; tetraedro do fogo. Disponível em: <http://www.enb.pt/publicacao.php?id=61&bloco=158&bloco=159>> Acesso em: 17 jun. 2017

MACINTYRE, **Instalações Hidráulicas Prediais e Industriais**. 4. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2010.

MACC EXTINTORES. **Prevenção e proteção contra incêndios**. Disponível em: <<https://www.maccextintores.com.br/>> Acesso em: 18 dez. 2017.

MÁRIO, L. **Análise comparativa de custo para as diferentes ocupações de risco no sistema aberto de chuveiros automáticos**. 2013. 63 f. Trabalho de conclusão (especialização) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Escola de Engenharia. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica. Engenharia de Segurança do Trabalho, Porto Alegre, BR-RS, 2013.

MARQUES, C. PEREIRA, P. MENDES, M. **Apostila do bombeiro profissional civil**. Governo do Estado do Rio de Janeiro – 1. Ed. – LTC 2005. Disponível em: <<http://www.sindbombeirocivil.org.br/wp-content/uploads/2017/11/merged.pdf>> Acesso em: 10 jun. 2017.

NACIONAL FIRE PROTECTION ASSOCIATION. **NFPA13**: standart for the installation of sprinkler systems. Quincy, 2002.

NEVES, E. T. **Curso de hidráulica**. 6.ed. Porto Alegre : Editora Globo, 1979.

PEREIRA, A. ARAUJO, C. **Sistema de chuveiros automáticos**. Revista Científica Aprender. 6ed. out, 2012. Disponível em: <<http://revista.fundacaoaprender.org.br/?p=60>>. Acesso em: 14 mai. 2017.

PREVIDELLI, A. **Os maiores incêndios do Brasil antes de Santa Maria**. Disponível em: <<http://exame.abril.com.br/brasil/os-maiores-incendios-no-brasil>> Acesso em: 05 abr. 2017.

RAMFEJ ENGENHARIA ESSENCIAL. **Soluções contra incêndios**. Disponível em: <<http://ramfej.com.br/portfolio/>> Acesso em: 30 jul. 2017.

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> Acesso em: 04 abr. 2017.

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: 04 abr. 2017.

RIO GRANDE DO SUL. **Lei Complementar nº 14.924**, de 22 de setembro de 2016. 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, 2016. Disponível em: <<https://www.legisweb.com.br/legislacao/?id=328992>> Acesso em: 04 abr. 2017.

ROBINSON, K. **The Road to automatic fire sprinkler systems**. Disponível em: <<http://www.nfpa.org/news-and-research/publications/nfpa-journal/2011/november-december-2011/news-and-analysis/looking-back>> Acesso em: 18 jun. 2017.

ROQUE, E. **Redução de custos de redes de sprinkler : otimização por cálculo hidráulico**. 2015. 117 f. Trabalho de conclusão (graduação) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Escola de Engenharia. Curso de Engenharia Civil, Porto Alegre, BR-RS, 2015.

RMS SEGURANÇA CONTRA INCÊNDIO. **Instalação de rede de sprinkler**. Disponível em: <<http://www.rmsincendio.com.br>>. Acesso em: 20 out. 2017.

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,2017.

SERMATTEC SERVIÇOS E MANUTENÇÃO TÉCNICA ELÉTRICA E HIDRAULICA INDUSTRIAL. **Sistema de hidrantes**. Disponível em: <<http://www.sermattec.com.br/servicos/>>. Acesso em: 20 out. 2017.

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

SINDUSCON-RS. **Sindicato das Indústrias da Construção Civil do Estado do Rio Grande do Sul**. Disponível em: <<http://www.sinduscon-rs.com.br/quem-somos/conheca-o-sinduscon/historia/>> Acesso em: 02 dez. 2017.

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

TESCHKE, J. **1871: Fim do grande incêndio de Chicago**. Disponível em : <<http://www.dw.com/pt-br/1871-fim-do-grande-inc%C3%AAndio-de-chicago/a-294889>> Acesso em 25 mar. 2017.

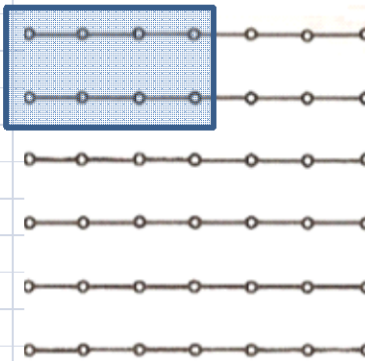
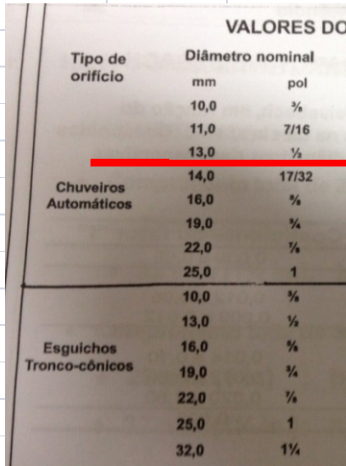
TUPY S.A. **Catálogo Técnico**. Joinville, 2009 Disponível em:
<http://www.tupy.com.br/downloads/pdfs/catalogo_tecnico_conexoes_2017.pdf> Acesso em: 24 nov. 2017.

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. 2017.

ZAP IMÓVEIS. **Imóveis no bairro Ipanema, Porto Alegre**. Disponível em:<
<https://www.zapimoveis.com.br/venda/apartamentos/rs+porto-alegre++ipanema/>>. Acesso em: 02 jan. 2018.

ANEXO A – Planilha de cálculo do dimensionamento por cálculo hidráulico

Metodo hidraulico de dimensionamento de sistemas automaticos					Tabela entre c	
1- Norma 10897					Tipo c Não combust obstruído e r obstruído; co não obstruído Combustível Combustível elementos e: distanciados 0,90 m a Área de c b Espaçame	
2- Classificação do risco Risco Leve						
3- Area máxima de cobertura por chuveiro automatico Tabela 10 pag 35 Ac <= 20,9 m ²						
Chuveiro de cobertura padrão tipo spray					Tabl Leve Ordinário Extraord Extraord Armazer	
4- Espaçamento máximo entre chuveiros Tabela 10 pag 35 Dmax 4,6 m						
5- Area maxima de protecao por coluna de alimentação Amx 4800 m ²						
6- Lançamento da rede de chuveiros automaticos					ÁREA DE OPERAÇÃO (m²) 465 370 280 230 185 140 2	
Espaçamentos adequados		4,50 x 4,30		19,35 m ²		
		4,60 x 4,50		20,7 m ²		
Adotado	4,5	4,3	Ac	19,35 m ²		
7- Escolha da area de aplicacao e densidade						
		PS	PM	PI		
Area de aplicacao		280	220	140		
densidade de agua		3,2	3,65	4,1		
N de chuceiros na area		14	11	7		
Vazao no chuveiro		66,88	76,285	85,69		
Volumen de agua		28090	25174	17995		
Tempo		30				
Escolhido PI -- ponto inferior						

8-Numero de chuveiros na area de aplicacao				
Nch=	7,235142	8		
9-Lado maior da area de aplicacao				
Lm	14,20	m		
10-Numero de chuveiros no lado maior				
NLm	3,301998	4		
11- Definicao da area de aplicacao				
				
12-Vazao e pressao no chuveiro mais desfavoravel				
Q1=Da * Ac	79,335	l/min		
P1=(Q1/K)^2	9,83	mca		
K13	25,3	l/min/mca ^{1/2}		
				
(BRENTANO, 2016 - p. 245)				
13- Vazao e pressao no chuveiro 2				
Q21	79,335	l/min	Vazao no trecho 2-1	
	0,001322	m ³ /s		
d21 = 1,3 * (Q21 ^{0.5}) * (X ^{0.25})			Vazao em m ³ /s	
X=	0,020833			
d21=	0,017959	m		
	17,95932	mm		
Adotado	dn21	25	mm	
	di21	26,64	mm	
V21 = Q21 / A21	2,372222	m/s	<6.0	ok

Perda de carga		Caço	120	Lr	4,5 m		
		Caço	120				
hp21=	1,471682						
P2=P1+hp21	P2=	11,30 mca					
Q2=K*(P2 ^{.5})	Q2=	85,06 l/min					
14- Vazao e pressao no chuveiro 3							
Q32	164,40 l/min			Vazao no trecho 3-2			
	0,00274 m3/s						
d32 = 1,3 * (Q32 ^{.5}) * (X ^{.25})				Vazao em m3/s			
X=	0,020833						
d32=		0,025853 m					
		25,85284 mm					
Adotado	dn32	32 mm					
	di32	35,08 mm					
V32 = Q32 / A32		2,83 m/s	<6.0	ok			
Perda de carga		Caço	120	Lr	4,5 m		
		Caço	120				
hp32=	1,48 mca						
P3=P2+hp32	P3=	12,79 mca					
Q3=K*(P3 ^{.5})	Q3=	90,48 l/min					
15- Vazao e pressao no chuveiro 4							
Q43	254,88 l/min			Vazao no trecho 3-2			
	0,004248 m3/s						
d43 = 1,3 * (Q43 ^{.5}) * (X ^{.25})				Vazao em m3/s			
X=	0,020833						
d43=		0,03219 m					
		32,19024 mm					
Adotado	dn43	32 mm					
	di43	35,08 mm					

$V_{43} = Q_{43} / A_{43}$		4,40 m/s	<6.0	ok			
Perda de carga		Caço	120	Lr	4,5 m		
		Caço	120				
hp43=	3,34 mca						
$P_4 = P_3 + hp_{43}$	$P_4 =$	16,13 mca					
$Q_4 = K * (P_4^{.5})$	$Q_4 =$	101,62 l/min					
16- Vazao e pressao no ponto A							
QA	356,50 l/min		Vazao no trecho 3-2				
	0,005942 m3/s						
$d_{A4} = 1,3 * (Q_{A4}^{.5}) * (X^{.25})$			Vazao em m3/s				
X=	0,020833						
dA4=		0,03807 m					
		38,07046 mm					
Adotado	dnA4	40 mm					
	diA4	41,6 mm					
$VA_4 = QA_4 / AA_4$		4,37 m/s	<6.0	ok			
Perda de carga		Ccobre	120	Lr	15,1 m		
		Ccobre20a	120	leq	2,28		
hpA4=	10,48 mca						
$PA = P_4 + hp_{A4}$	$PA =$	26,62 mca					
Fator de vazao em A		KA=	69,10 l/min.mca ^{1/2}				
17- Vazao e pressao no ponto B							
QBA	356,50 l/min		Vazao no trecho 3-2				
	0,005942 m3/s						
$d_{BA} = 1,3 * (Q_{BA}^{.5}) * (X^{.25})$			Vazao em m3/s				
X=	0,020833						
dBA=		0,03807 m					
		38,07046 mm					
Adotado	dnBA	40 mm					
	diBA	41,6 mm					

VBA = QBA / ABA		4,37 m/s	<6.0	ok			
Perda de carga		Ccobre	120	Lr	4,3 m		
		Ccobre20a	120	leq	1,33 m		
				Total	5,63 m		
hpBA=	3,39 mca						
PB=PA+hpBA	PB=	30,00 mca					
QB=KA * (PB^.5)		QB=	378,54 l/min				
18- Vazao e pressao no ponto C							
QCI-B	735,02 l/min			Vazao no trecho 3-2			
	0,01225 m3/s						
dCB = 1,3 * (QCB^.5) * (X^.25)				Vazao em m3/s			
X=	0,020833						
dCI-B=		0,054665 m					
		54,6647 mm					
Adotado	dnCI-B	65 mm					
	diCIB	62,68 mm					
VCB = QCB / ACB		3,97 m/s	<6.0	ok			
Perda de carga		Caço	120	Lr	22,9 m		
		Caço	120	leq			
hpCI-B=	7,16 mca						
PCI=PB+hpCI-B	PC=	37,16 mca					
QC=KA * (PC^.5)		QC=	0,00 l/min				
19- Vazao total do sistema de chuveiros automaticos							
QCI=QA+QB	QCI=	735,02 l/min					
		0,01225 m3/s					
		44,1 m3/h					
20- Diametro da canalização de recalque NBR 80mm							
Conferindo:							
dCI = 1,3 * (QCI^.5) * (X^.25)							
X=	0,020833	dCI=	0,054665 m				
			54,6647 mm				

Adotado	dnCI	80 mm						
	diCI	76 mm						
VCI = QCI / ACI		2,68 m/s	<6.0	ok				
21- Diametro da canalizacao de sucção								
dS=	1 acima do adotado no recalque							
Adotado	dnS	100 mm						
	diS	101 mm						