



4º PRÊMIO INSTITUTO SPRINKLER BRASIL

Menção Honrosa

Estudo sobre a escolha do fator de vazão no dimensionamento do sistema de chuveiros automáticos

Larissa Jagnez

Ivan Ricardo Fernandes

Estudo sobre a escolha do fator de vazão no dimensionamento do sistema de chuveiros automáticos

4º PRÊMIO INSTITUTO SPRINKLER BRASIL

Menção Honrosa

Estudo sobre a escolha do fator de vazão no dimensionamento do sistema de chuveiros automáticos

Larissa Jagnez

Ivan Ricardo Fernandes



Capa / projeto gráfico e editorial

Editora Olhares

Foto da capa

Shutterstock

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP) de acordo com ISBD

I93e	Ivan, Larissa Jagnez
	Estudo sobre a escolha do fator de vazão no dimensionamento do sistema de chuveiros automáticos / Larissa Jagnez Ivan, Ricardo Fernandes. - São Paulo : Instituto Sprinkler Brasil, 2018. 84 p. : PDF. Inclui bibliografia. ISBN: 978-85-69034-09-4 (Ebook) 1. Equipamentos eletrônicos. 2. Chuvas. 3. Chuveiros automáticos. 4. Fator de vazão. I. Fernandes, Ricardo. II. Título. CDD 621.381 CDU 696.144
2018-26	

Elaborado por Vagner Rodolfo da Silva - CRB-8/9410

Índice para catálogo sistemático:

1. Equipamentos eletrônicos 621.381
2. Chuveiros 696.144

SUMÁRIO

Resumo

Lista de ilustrações

1 – Introdução

2 – Desenvolvimento

2.1 – Importância do sistema de chuveiros automáticos

2.2 – Legislação estadual

2.2.1 – Estado do Paraná

2.2.2 – Outros estados

2.3 – NPT 023

2.4 – NBR 10897:2014

2.5 – Sistema de chuveiros automáticos

2.5.1 – Tipos de sistemas de chuveiros automáticos

2.5.2 – Componentes do sistema

2.5.3 – Dimensionamento do sistema

2.6 – Fator K

2.6.1 – Fator K na NBR 10897

2.6.2 – Fator K na UL 199

2.7 – Procedimento de cálculo hidráulico

2.7.1 – Classificação do risco

2.7.2 – Determinação da área máxima de cobertura de cada chuveiro e a distância máxima entre ramais e entre chuveiros nos ramais

2.7.3 – Determinação do pavimento de maior demanda hidráulica

2.7.4 – Determinação do número total de colunas de alimentação

2.7.5 – Determinação do espaçamento entre chuveiros e entre ramais

- 2.7.6 – *Layout* da distribuição de chuveiros e ramais
- 2.7.7 – *Layout* do sistema
- 2.7.8 – Determinação da área de operação
- 2.7.9 – Determinação do número de chuveiros da área de operação
- 2.7.10 – Determinação dos lados da área de operação
- 2.7.11 – Croqui da área de operação
- 2.7.12 – Determinação da densidade
- 2.7.13 – Determinação do fator K de descarga
- 2.7.14 – Cálculo da vazão e pressão no primeiro chuveiro mais desfavorável
- 2.7.15 – Dimensionamento a partir do segundo chuveiro mais desfavorável
- 2.7.16 – Dimensionamento do ponto A
- 2.7.17 – Dimensionamento do ponto B
- 2.7.18 – Determinação da capacidade da bomba
- 2.7.19 – Volume do reservatório

2.8 – Análise dos sistemas

3 – Estudo de caso

- 3.1 – Edificação escolhida
- 3.2 – Procedimento de cálculo hidráulico
 - 3.2.1 – Classificação do risco
 - 3.2.2 – Determinação da área máxima de cobertura de cada chuveiro e a distância máxima entre ramais e entre chuveiros nos ramais
 - 3.2.3 – Determinação do pavimento de maior demanda hidráulica
 - 3.2.4 – Determinação do número total de colunas de alimentação
 - 3.2.5 – Determinação do espaçamento entre chuveiros e entre os ramais
 - 3.2.6 – *Layout* da distribuição de chuveiros e ramais
 - 3.2.7 – *Layout* do sistema

3.2.8 – Determinação da área de operação

3.2.9 – Determinação do número de chuveiros da área de operação

3.2.10 – Determinação do lado de maior operação

3.2.11 – Croqui da área de operação

3.2.12 – Determinação da densidade

3.2.13 – Primeiro dimensionamento – fator $K = 61$

3.2.14 – Segundo dimensionamento – fator $K = 80$

3.2.15 – Terceiro dimensionamento – fator $K = 115$

3.2.16 – Quarto dimensionamento – fator $K = 161$

3.3 – Análise de resultados

4 – Conclusão

Referências

RESUMO

O sistema de chuveiros automáticos apresenta diversas vantagens por operar de forma automática e sem a presença humana, mas é exigido em poucas situações perante as normas. Mesmo sendo uma alternativa para outros sistemas, acaba não sendo instalado, muitas vezes em consequência do custo de instalação. O presente trabalho teve como proposta a análise dos sistemas de chuveiros automáticos dimensionados, a fim de se chegar ao valor do fator K, o fator de vazão, que representasse a melhor proporção entre a vazão e a pressão requeridas pelas normas, a fim de se obter um sistema economicamente mais viável. Para tanto, foi sugerida uma edificação fictícia e foram realizados quatro dimensionamentos do sistema de chuveiros automáticos, segundo o procedimento de cálculo hidráulico estabelecido pela NBR 10897:2014. Para os dimensionamentos apenas alterou-se o fator K escolhido no início do cálculo, assim utilizaram-se os valores de K 61, K 80, K 115 e K 161. Para averiguar o resultado ideal, foram verificadas as vazões nos trechos de tubulações e chuveiros, diâmetros calculados e adotados, perdas de cargas, pressões, bomba principal e auxiliar do sistema e reserva de água. Dessa forma, com o procedimento adotado, foi possível estabelecer que o fator K 80 representou a solução adequada, mesmo não apresentando a menor vazão nem a menor pressão necessária para o funcionamento conveniente do sistema.

Palavras-chave: Chuveiros automáticos. Fator K. Fator de vazão. Cálculo hidráulico.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

- Figura 1 – Início do incêndio nas duas amostras
- Figura 2 – Início da ação do chuveiro automático em uma amostra
- Figura 3 – Controle do incêndio em uma das amostras
- Figura 4 – Controle e quase extinção do incêndio em uma amostra
- Figura 5 – Resultado final da comparação entre as amostras
- Quadro 1 – Exigências para edificações
- Quadro 2 – Exigências para edificações do grupo “F” – divisão F-2 (igrejas)
- Quadro 3 – Exigências para edificações do grupo “B”
- Quadro 4 – Exigências para edificações do grupo “I” – divisão I-3 (risco elevado)
- Quadro 5 – Distâncias máximas a serem percorridas
- Figura 6 – Comparação da curva temperatura-tempo com a presença de chuveiros automáticos
- Figura 7 – Componentes do sistema de chuveiros automáticos
- Figura 8 – Chuveiro em pé, pendente e lateral
- Quadro 6 – Fatores K – NBR 10897:2014
- Quadro 7 – Fatores K – NBR 10897:1990
- Quadro 8 – Fatores K – UL 199
- Quadro 9 – Exemplos de classificação de ocupações
- Quadro 10 – Áreas de cobertura máxima por chuveiro automático e distância máxima entre chuveiros automáticos (chuveiros automáticos tipo spray em pé e pendentes de cobertura padrão)
- Quadro 11 – Área máxima servida por uma coluna de alimentação por pavimento
- Figura 9 – Área de cobertura
- Figura 10 – Curvas de densidade e área
- Quadro 12 – Identificação das características de descarga dos chuveiros automáticos
- Quadro 13 – Valores de C de Hazen-Williams
- Quadro 14 – Demanda de hidrantes e duração de abastecimento de água para sistemas projetados por cálculo hidráulico
- Figura 11 – Planta baixa esquemática da edificação
- Quadro 15 – Exemplos de classificação de ocupações

Quadro 16 – Áreas de cobertura máxima por chuveiro automático e distância máxima entre chuveiros automáticos (chuveiros automáticos tipo spray em pé e pendentes de cobertura padrão)

Quadro 17 – Área máxima servida por uma coluna de alimentação por pavimento

Figura 12 – Layout do sistema de chuveiro automático

Figura 13 – Parte do sistema indicando as distâncias calculadas

Figura 14 – Chuveiros automáticos da área de operação

Figura 15 – Curvas de densidade e área

Quadro 18 – Identificação das características de descarga dos chuveiros automáticos

Figura 16 – Chuveiros automáticos da área de operação

Figura 17 – Posição dos pontos A, B e C da área de operação

Quadro 19 – Comprimentos de tubulação do ponto A

Quadro 20 – Comprimentos de tubulação do ponto C

Figura 18 – Diâmetros da tubulação

Quadro 21 – Comprimentos de tubulação de recalque

Figura 19 – Esquema do reservatório inferior e tubulação de sucção

Quadro 22 – Comprimentos de tubulação de sucção

Quadro 23 – Memorial de cálculo – fator $K = 61$

Quadro 24 – Características da bomba principal 1

Figura 20 – Bombas KSB Megabloc – 3500 rpm

Figura 21 – Bombas KSB Megabloc – 065-040-250

Quadro 25 – Características da bomba auxiliar 1

Figura 22 – Bombas KSB Megabloc – 3500 rpm

Figura 23 – Bombas KSB Megabloc – 050-032-250

Quadro 26 – Identificação das características de descarga dos chuveiros automáticos

Quadro 27 – Memorial de cálculo – fator $K = 80$

Quadro 28 – Características da bomba principal 2

Figura 24 – Bombas KSB Megabloc – 3500 rpm

Figura 25 – Bombas KSB Megabloc – 065-040-200

Quadro 29 – Características da bomba auxiliar 2

Figura 26 – Bombas KSB Megabloc – 3500 rpm

Figura 27 – Bombas KSB Megabloc – 050-032-250.1

Quadro 30 – Identificação das características de descarga dos chuveiros automáticos

Quadro 31 – Memorial de cálculo – fator $K = 115$

Quadro 32 – Características da bomba principal 3

Figura 28 – Bombas KSB Megabloc – 3500 rpm

Figura 29 – Bombas KSB Megabloc – 065-040-250
Quadro 33 – Características da bomba auxiliar 3
Figura 30 – Bombas KSB Megabloc – 3500 rpm
Figura 31 – Bombas KSB Megabloc – 050-032-250.1
Quadro 34 – Identificação das características de descarga dos chuveiros automáticos
Quadro 35 – Memorial de cálculo – fator $K = 161$
Quadro 36 – Características da bomba principal 4
Figura 32 – Bombas KSB Megabloc – 3500 rpm
Figura 33 – Bombas KSB Megabloc – 065-040-200
Quadro 37 – Características da bomba auxiliar 4
Figura 34 – Bombas KSB Megabloc – 3500 rpm
Figura 35 – Bombas KSB Megabloc – 050-032-250.1
Quadro 38 – Comparação das vazões
Quadro 39 – Comparação dos diâmetros de tubulações
Quadro 40 – Comparação das perdas de carga na tubulação
Quadro 41 – Comparação das pressões nos chuveiros
Quadro 42 – Comparação das bombas principais KSB
Quadro 43 – Comparação das bombas auxiliares KSB
Quadro 44 – Comparação dos volumes de reserva

1 – INTRODUÇÃO

A água é o agente extintor mais completo; mesmo que não extinga completamente o incêndio, ela contribui para o isolamento de risco e propicia a aproximação do Corpo de Bombeiros para a aplicação de outros agentes extintores. Os sistemas de hidrantes e mangotinhos, água nebulizada e chuveiros automáticos fazem uso da água para extinção e controle do incêndio (SEITO et al., 2008).

O sistema de chuveiros automáticos consiste em um sistema fixo de combate a incêndios cujo diferencial é a característica de entrar em operação de forma automática quando ativado por um foco de incêndio. Assim, libera água em densidade adequada ao risco da edificação e objetiva proteger de forma rápida sem interferência humana para acionamento, extinguindo ou controlando o fogo ainda em seu estágio inicial.

Outro ponto importante a ser considerado nesse sistema diz respeito ao menor tempo transcorrido desde a detecção do incêndio até o seu combate, evitando a propagação para outras partes da edificação. Ao mesmo tempo que inicia a operação do sistema de chuveiros automáticos, ainda aciona o sistema de alarme de incêndio da edificação, propiciando tempo apropriado para a fuga em segurança dos usuários da edificação.

De acordo com a Constituição Federal brasileira, a exigência dos sistemas de proteção contra incêndio é competência dos estados. Assim, normalmente o Corpo de Bombeiros de cada estado estabelece uma legislação específica para as medidas de Segurança Contra Incêndio e Pânico.

Geralmente, o sistema de chuveiros automáticos é pouco exigido pelas legislações estaduais. Em algumas ocupações, apenas em áreas grandes ou de altura elevada. Em certos casos, pode substituir sistemas de compartimentação ou aumentar a distância máxima a percorrer até as saídas das edificações.

Frente a todas as vantagens, o sistema ainda é pouco utilizado. Outro fator importante diz respeito ao custo elevado para instalação do sistema.

Para o dimensionamento desse sistema fixo de prevenção, há vários fatores e pontos a serem considerados e atribuídos. Entre eles, tem-se o fator K, o fator da vazão do chuveiro, o qual depende da pressão e da vazão em dado ponto.

Dessa forma, o presente estudo trata sobre o dimensionamento do sistema de chuveiros automáticos de uma edificação proposta, com base nos preceitos da NBR 10897:2014, atribuindo-se um fator K para tal dimensionamento. Depois, o dimensionamento é repetido três vezes, mas atribuindo-se diferentes valores de fator K para cada um deles.

Após o completo dimensionamento dessas possibilidades propostas, os resultados serão analisados para verificação de quais parcelas do cálculo são alteradas pela mudança do fator K para, assim, chegar ao fator K que resulte na solução ótima para um sistema de acordo com as normas e economicamente viável ao mesmo tempo.

O sistema de chuveiros automáticos apresenta um custo considerável de instalação e normalmente a potência exigida da bomba é relevante, assim como a reserva de água necessária. Dessa forma, o dimensionamento do sistema merece uma análise criteriosa com o interesse de encontrar a melhor solução.

O dimensionamento do sistema envolve cálculos de vazões, pressões, perdas de carga, diâmetros de tubulações e volume da reserva. Assim, as decisões tomadas ao início do dimensionamento influenciam todas essas parcelas, entre elas, tem-se a escolha do fator K.

De acordo com a NBR 10897:2014 (ABNT, 2014), o fator K tem vários valores que podem ser atribuídos ao cálculo do sistema. A escolha deles depende apenas do diâmetro do orifício do chuveiro.

Essa escolha para o dimensionamento do sistema de chuveiros automáticos, de acordo com os valores previstos em norma, impacta os componentes do sistema calculado. Então, qual valor apresenta a melhor relação entre pressão e vazão para o dimensionamento de tal sistema?

Neste trabalho, objetiva-se estudar os efeitos da escolha do fator de vazão no dimensionamento de chuveiros automáticos.

Para tanto, é apresentado o procedimento de cálculo hidráulico do sistema de chuveiros automáticos, identificando os valores do fator K que podem ser utilizados para o sistema de chuveiros automáticos na edificação proposta, comprovando por meio de dimensionamento, para alguns valores do fator K, quais componentes do sistema são alterados, comparando os efeitos sobre diâmetros de tubulação, perda de carga, pressão e vazão necessárias, potência da bomba e volume de reserva, analisando a relação entre as alterações do dimensionamento com a escolha do fator K, verificando qual fator K resulta em um sistema economicamente mais viável.

Para o desenvolvimento do atual trabalho, primeiramente foi feita uma pesquisa bibliográfica, baseada em normas e legislações estaduais,

normas da ABNT, norma internacional e autores de referência do assunto.

A seguir, foi apresentado um procedimento de dimensionamento etapa por etapa para o sistema de chuveiros automáticos, de acordo com a NBR 10897:2014.

Assim, com base nos dados obtidos, no estudo de caso foi escolhida uma edificação fictícia para o dimensionamento do sistema. O dimensionamento foi realizado em quatro momentos, variando entre eles o valor atribuído ao fator de vazão do sistema.

Dessa forma, utilizando esses procedimentos, foi possível estabelecer uma comparação entre os fatores de cálculo do sistema, verificando o que se altera em cada um e qual é a relação com o fator K .

2 – DESENVOLVIMENTO

Antes da ocorrência de grandes incêndios com um número considerável de vítimas nos Estados Unidos, a segurança contra incêndio tinha foco apenas no patrimônio.

Grandes incêndios mobilizaram a sociedade para a adequação das normas de segurança existentes. E fatos que ocorreram no exterior serviram de exemplo para as mudanças nas condições.

De acordo com Seito et al. (2008, p. 20) o primeiro livro sobre o tema, lançado em 1896 por Everett Crosby, destinado principalmente a seguradoras, tratava em um número de páginas significativas sobre o sistema de chuveiros automáticos e o suprimento de água para os sistemas de prevenção contra incêndio. Isso demonstra, de certa forma, a importância desse sistema automático de prevenção.

2.1 IMPORTÂNCIA DO SISTEMA DE CHUVEIROS AUTOMÁTICOS

O incêndio produz os seguintes produtos: calor, fumaça e chama, os quais são utilizados nos sistemas de detecção e chuveiros automáticos (SEITO et al., 2008).

O sistema de chuveiros automáticos, por sua vez, tem por objetivo combater e extinguir o incêndio antes da inflamação generalizada, o *flashover*.

Um chuveiro automático é capaz de controlar ou até mesmo extinguir um incêndio de maneira mais rápida e utilizando de mil a 10 mil vezes menos água comparando-se ao volume necessário em uma ação realizada pelo Corpo de Bombeiros (INSTITUTO SPRINKLER BRASIL, 2016).

Segundo Brentano (2005, p. 44), a água é a substância mais utilizada como agente extintor. Isto é justificado porque é a substância mais disponível e barata, sendo mais efetiva no combate ao fogo por pelo grande poder de absorção de calor e por ser um agente extintor seguro, estável, não tóxico e não corrosivo.

A água age por resfriamento e por abafamento. Na extinção por resfriamento, a ação da água é efetiva porque ela tem um elevado calor latente de vaporização, ou seja, a quantidade de calor absorvida pela água para passar do estado líquido para o vapor (540 cal/g). A água ainda

reduz a reação em cadeia da combustão pela redução do fluxo de calor radiante das chamas para a sua superfície (BRENTANO, 2005).

Observando-se as Figuras 1, 2, 3, 4 e 5 na sequência, é possível verificar a ação desse sistema na extinção do incêndio em comparação à mesma amostra de material, mas sem a presença dos chuveiros automáticos.

Figura 1 – Início do incêndio nas duas amostras



Fonte: Adaptada de Instituto Sprinkler Brasil, 2016.

Figura 2 – Início da ação do chuveiro automático em uma amostra



Fonte: Adaptada de Instituto Sprinkler Brasil, 2016.

Figura 3 – Controle do incêndio em uma das amostras



Fonte: Adaptada de Instituto Sprinkler Brasil, 2016.

Figura 4 – Controle e quase extinção do incêndio em uma amostra



Fonte: Adaptada de Instituto Sprinkler Brasil, 2016.

Figura 5 – Resultado final da comparação entre as amostras



Fonte: Adaptada de Instituto Sprinkler Brasil, 2016.

Segundo dados de estatísticas sobre o monitoramento de incêndios estruturais, ou seja, aqueles ocorridos em construções como depósitos, hospitais, hotéis, escolas e prédios públicos, os quais poderiam ter sido contornados com a instalação do sistema de chuveiros automáticos, em 2015 foram computadas 1.349 ocorrências. Dentre elas, 373 registros deram-se em estabelecimentos comerciais (como lojas, *shoppings centers* e supermercados) e 225 registros, em indústrias (INSTITUTO SPRINKLER BRASIL, 2016).

Conforme Brentano (2005, p. 107), as edificações de alto risco, com área ou altura grandes, devem ter proteção contra o fogo com equipamentos eficientes que sejam acionados e operem de forma automática, sem a interferência humana. O sistema de chuveiros automáticos atende a esses requisitos.

As principais vantagens estão relacionadas ao funcionamento automático, que ainda aciona o sistema de alarme da edificação ao mesmo tempo, a ação de aspersão da água é rápida sobre o foco de incêndio e a sua ação é restrita à área do incêndio.

Segundo Pereira (2009, p. 140), a NFPA apresenta dados de que os danos materiais causados por incêndios em serviços de hospedagens foram 78% menores em comparação a hotéis que possuíam a instalação do sistema de chuveiros automáticos. E não há registro de número superior a duas vítimas fatais em edifícios com o sistema de chuveiros automáticos projetado e operado de forma correta.

2.2 LEGISLAÇÃO ESTADUAL

Segundo Wollentarski Júnior (2015, p. 16), diferentemente da maior parte dos outros países, nos quais a segurança contra incêndio – que engloba o sistema de chuveiros automáticos – faz parte de uma legislação nacional, a Constituição Federal brasileira define que essa responsabilidade é dos estados. Assim, geralmente, o Corpo de Bombeiros de cada estado regulamenta a proteção contra incêndio e pânico.

2.2.1 Estado do Paraná

No estado do Paraná, há o Código de Segurança Contra Incêndio e Pânico (CSCIP), o qual dispõe sobre as medidas de segurança contra incêndio e pânico, visando proteger a vida dos ocupantes da edificação, bloqueando a propagação do incêndio, propiciando formas de controle e permitindo o acesso do Corpo de Bombeiros ao local.

De acordo com esses preceitos, as medidas de segurança integrantes das edificações são: acesso de viatura à edificação e a áreas de risco, separação entre edificações, resistência ao fogo dos elementos de construção, compartimentação, controle de materiais de acabamento e revestimento, saídas de emergência, controle de fumaça, gerenciamento de risco de incêndio, brigada de incêndio, iluminação de emergência, detecção automática de incêndio, alarme de incêndio, sinalização de emergência, extintores, hidrantes e mangotinhos, chuveiros automáticos, resfriamento, espuma, sistema fixo de gases limpos e sistema de proteção contra descargas atmosféricas.

Este código abrange a classificação das edificações e quais sistemas são necessários a elas, de acordo com o risco de incêndio, a área e a altura.

De acordo com o Quadro 1 na sequência, o qual representa as exigências para edificações de risco leve com área menor que 1.500 m² e altura igual ou inferior a 9 m, ou edificações de risco moderado ou elevado com área inferior a 1.000 m² e altura igual ou inferior a 6 m, não há a exigência do sistema de chuveiros automáticos para essas construções.

Quadro 1 – Exigências para edificações

Medidas de segurança contra incêndio	A, D, E, G e M3	B	C	F				H		I e J	L
				F2, F3, F4, F7 e F8	F1, F5 e F11	F6	F9 e F10	H1, H4 e H6	H2, H3 e H5		
Controle de materiais de acabamento	-	X	-	X	X	X	-	-	X	-	X
Saídas de emergência	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Iluminação de emergência	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Sinalização de emergência	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Extintores	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Brigadas de incêndio	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Deteção de incêndio	-	-	-	-	X	X	-	-	-	-	-
Controle de fumaça	-	-	-	-	-	X	-	-	-	-	-
Plano de emergência	-	-	-	-	-	X	-	-	-	-	-

Fonte: adaptado de estado do Paraná, 2014.

Para edificações que superam a área de abrangência da tabela anterior ou a altura, há outras tabelas de exigências dos sistemas de prevenção. Em edificações pertencentes ao grupo A (residenciais, como habitações multifamiliares e coletivas) e divisões do grupo F (locais de reunião de público), o código não exige a previsão do sistema de chuveiros automáticos, como mostra o Quadro 2.

Quadro 2 – Exigências para edificações do grupo “F” – divisão F-2 (igrejas)

Grupo de ocupação e uso	Grupo F – Locais de reunião de público					
Medidas de segurança contra incêndio	Classificação quanto à altura (m)					
	Térrea	$H \leq 6$	$6 < H \leq 12$	$12 < H \leq 23$	$23 < H \leq 30$	$H > 30$
Acesso de viatura à edificação	X	X	X	X	X	X
Segurança estrutural	X	X	X	X	X	X
Compartimentação vertical	-	-	-	X	X	X
Controle de materiais de acabamento	X	X	X	X	X	X
Saídas de emergência	X	X	X	X	X	X
Plano de emergência	X	X	X	X	X	X
Brigada de incêndio	X	X	X	X	X	X
Iluminação de emergência	X	X	X	X	X	X
Alarme de incêndio	X	X	X	X	X	X
Deteção de incêndio	-	-	-	-	X	X
Sinalização de emergência	X	X	X	X	X	X
Extintores	X	X	X	X	X	X
Hidrantes e mangotinhos	X	X	X	X	X	X
Chuveiros automáticos	-	-	-	-	-	-
Controle de fumaça	-	-	-	-	-	X

Fonte: adaptado de estado do Paraná, 2014.

Dentro desse código, o sistema de chuveiros automáticos passa a ser exigido nas edificações dos demais grupos que constam nessa normativa

apenas quando a altura ultrapassa 12 m, 23 m ou 30 m, dependendo da ocupação, como os exemplos que podem ser vistos nos Quadros 3 e 4 subsequentes.

Quadro 3 – Exigências para edificações do grupo “B”

Grupo de ocupação e uso	Grupo B – Serviços de hospedagem					
Medidas de segurança contra incêndio	Classificação quanto à altura (m)					
	Térrea	$H \leq 6$	$6 < H \leq 12$	$12 < H \leq 23$	$23 < H \leq 30$	$H > 30$
Acesso de viatura à edificação	X	X	X	X	X	X
Segurança estrutural	X	X	X	X	X	X
Compartimentação horizontal (áreas)	-	X	X	X	X	X
Compartimentação vertical	-	-	-	X	X	X
Controle de materiais de acabamento	X	X	X	X	X	X
Saídas de emergência	X	X	X	X	X	X
Plano de emergência	-	-	-	-	X	X
Brigada de incêndio	X	X	X	X	X	X
Iluminação de emergência	X	X	X	X	X	X
Deteção de incêndio	-	X	X	X	X	X
Alarme de incêndio	X	X	X	X	X	X
Sinalização de emergência	X	X	X	X	X	X
Extintores	X	X	X	X	X	X
Hidrantes e mangotinhos	X	X	X	X	X	X
Chuveiros automáticos	-	-	-	-	X	X

Controle de fumaça	-	-	-	-	-	X
--------------------	---	---	---	---	---	---

Fonte: adaptado de estado do Paraná, 2014.

Como pode ser observado no Quadro 3, para edificações de hospedagem, o sistema de chuveiros automáticos apenas é exigido quando a construção tem altura superior a 23 m.

E, para edificações industriais com risco elevado, o sistema passa a ser exigido somente em edificações com altura superior a 12 m, no Quadro 4.

Quadro 4 – Exigências para edificações do grupo “I” – divisão I-3 (risco elevado)

Grupo de ocupação e uso	Grupo I – Industrial					
	Classificação quanto à altura (m)					
	Térrea	$H \leq 6$	$6 < H \leq 12$	$12 < H \leq 23$	$23 < H \leq 30$	$H > 30$
Acesso de viatura à edificação	X	X	X	X	X	X
Segurança estrutural	X	X	X	X	X	X
Compartimentação horizontal (áreas)	X	X	X	X	X	X
Compartimentação vertical	-	-	-	X	X	X
Controle de materiais de acabamento	X	X	X	X	X	X
Saídas de emergência	X	X	X	X	X	X
Plano de emergência	X	X	X	X	X	X
Brigada de incêndio	X	X	X	X	X	X
Iluminação de emergência	X	X	X	X	X	X
Deteção de incêndio	-	-	-	X	X	X

Alarme de incêndio	X	X	X	X	X	X
Sinalização de emergência	X	X	X	X	X	X
Extintores	X	X	X	X	X	X
Hidrantes e mangotinhos	X	X	X	X	X	X
Chuveiros automáticos	-	-	-	X	X	X
Controle de fumaça	-	-	-	-	-	X

Fonte: adaptado de estado do Paraná, 2014.

Fora a exigência primária dada pela ocupação da edificação e pela classificação da altura mostrada anteriormente, o código prevê a utilização do sistema de chuveiros automáticos em substituição a algum sistema primário. Como exemplo, pode ser citada a troca da execução da compartimentação horizontal ou vertical em algumas ocupações pela instalação desse sistema.

Outra aplicação do sistema de chuveiros automáticos prevista na norma é em relação a saídas de emergência das construções.

A NPT 011 trata sobre saídas de emergências, e um dos aspectos a ser analisado por essa norma é a distância máxima a ser percorrida até a saída dos pavimentos (escada) e a saída da edificação (porta no pavimento de descarga), de acordo com a classificação da ocupação da construção (ESTADO DO PARANÁ, 2016).

De acordo com o Quadro 5, pode-se observar que a existência do sistema de chuveiros automáticos em uma edificação faz com que a distância a ser percorrida até a saída aumente, em alguns casos em até 50 m, visto que o sistema representa maior segurança à edificação por ser automático. Assim, muitas vezes a previsão deste tópico pode solucionar problemas de disposições de saídas de emergência em virtude de condições do terreno ou *layout* e concepção de algumas edificações, nas quais não é possível a previsão de abertura de mais saídas ou espaço para escadas.

Quadro 5 – Distâncias máximas a serem percorridas

Sem chuveiros automáticos	Com chuveiros automáticos		
---------------------------	---------------------------	--	--

Saída única		Mais de uma saída	Saída única			Mais de uma saída	
Sem detecção de fumaça	Com detecção de fumaça	Sem detecção de fumaça	Com detecção de fumaça	Sem detecção de fumaça	Com detecção de fumaça	Sem detecção de fumaça	Com detecção de fumaça
45 m	55 m	55 m	65 m	60 m	70 m	80 m	95 m
40 m	45 m	50 m	60 m	55 m	65 m	75 m	90 m
40 m	45 m	50 m	60 m	55 m	65 m	75 m	90 m
30 m	35 m	40 m	45 m	45 m	55 m	65 m	75 m
40 m	45 m	50 m	60 m	60 m	70 m	100 m	120 m
30m	35 m	40 m	45 m	50 m	65 m	80 m	95 m

Fonte: adaptado de estado do Paraná, 2016.

2.2.2 Outros estados

O grau de exigência entre os estados do Brasil é muito variado. Em vários, a legislação prevê a instalação de chuveiros automáticos na maior parte das edificações novas, entretanto nos demais a obrigatoriedade do uso desse sistema é limitada ou até mesmo inexistente (INSTITUTO SPRINKLER BRASIL, 2016).

Nos estados em que a legislação é mais exigente, nota-se que praticamente não é exigido o sistema de chuveiros automáticos em ocupações industriais.

2.3 NPT 023

Na legislação do estado do Paraná, classifica-se a edificação e verificam-se os sistemas necessários de acordo com CSCIP. Assim, com a definição

dos sistemas preventivos necessários, recorre-se às normas de procedimento técnico específicas para cada sistema.

No caso do sistema de chuveiros automáticos, a referência é a NPT 023. O dimensionamento do sistema deve estar de acordo com os preceitos dessa norma, sendo aceitos os tópicos constantes na norma americana NFPA 13.

O dimensionamento do sistema deve ser feito por cálculo hidráulico. O dimensionamento por tabelas pode ser realizado apenas em ampliações ou alterações de sistemas existentes (ESTADO DO PARANÁ, 2012).

A norma ainda cita brevemente as etapas que o dimensionamento deve contemplar, tais como: identificação do risco, área de aplicação dos chuveiros automáticos, densidade, determinação do número de chuveiros a serem calculados, cálculo de vazão, pressão, perda de carga dos chuveiros que devem ser verificados, cálculo do fator K e da reserva de água.

2.4 NBR 10897:2014

A NPT 023 do estado do Paraná citada é um breve texto, e as demais informações para o dimensionamento do sistema devem ser buscadas na NBR 10897:2014.

Essa norma estabelece os requisitos mínimos para projeto e instalação dos sistemas de proteção contra incêndio por chuveiros automáticos. Nesse contexto, inclui as características de suprimento de água, escolha de chuveiros automáticos, tubulações, conexões e demais acessórios necessários (ABNT, 2014).

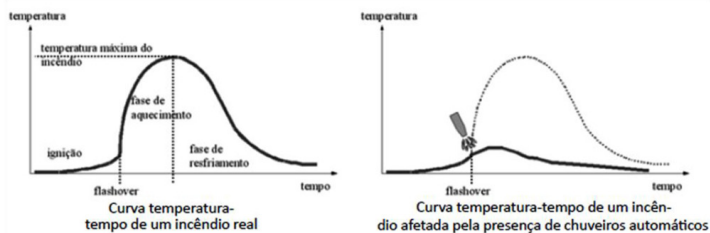
Os itens fundamentais para o cálculo hidráulico, o método admitido de dimensionamento para o sistema para edificações novas pela NPT 023, são apresentados nessa norma, como a classificação das edificações, as tabelas e os parâmetros mínimos e máximos a serem observados, os quais serão apresentados adiante.

2.5 SISTEMA DE CHUVEIROS AUTOMÁTICOS

O sistema de chuveiros automáticos é entendido como uma instalação de proteção ativa, pois reage, detectando e combatendo o princípio de incêndio, sem a intervenção humana (SEITO et al., 2008).

Pode-se notar a diferença na temperatura durante um incêndio e consequentemente no desenvolvimento da curva temperatura-tempo com a presença desse sistema, conforme a Figura 6.

Figura 6 – Comparação da curva temperatura-tempo com a presença de chuveiros automáticos



Fonte: adaptada de Seito et al., 2008.

Para Seito et al. (2008, p. 239), “o princípio de operação desse sistema consiste em confinar o fogo na área de aplicação controlando ou extinguindo o foco do incêndio em seu estágio inicial, por meio de descarga automática de água”.

Dessa forma, em áreas grandes, como em indústrias, esse sistema pode operar como compartimentação, atuando na área específica do foco do incêndio, evitando a propagação e diminuindo os danos.

2.5.1 Tipos de sistemas de chuveiros automáticos

Existem vários tipos de sistemas de chuveiros automáticos que podem ser utilizados nas edificações: de tubo molhado, de tubo seco, de ação prévia e dilúvio.

2.5.1.1 Sistema de tubo molhado

Esse sistema utiliza chuveiros automáticos ligados aos ramais de uma rede de tubulação que contém água pressurizada, ou seja, a água já está conectada ao bico. Na entrada existe uma válvula de alarme, a qual aciona automaticamente um alarme quando algum chuveiro é aberto. É o tipo de sistema mais utilizado no mundo.

De acordo com Wollentarski Júnior (2015, p. 69), pode-se usar uma válvula de governo e alarme (VGA) dotada de um elemento que identi-

fique o fluxo de água na rede, como um fluxostato. É de grande importância que o fluxostato possua retardo de sinal para assim evitar que pequenos fluxos de água que não significam abertura de bicos acabem indicando que um chuveiro entrou em funcionamento na central de alarme. Ainda, pressostatos também podem acabar indicando um falso alarme, visto que a alteração de pressão no sistema é comum, decorrente de variações de temperatura, não sendo aconselhado seu uso também.

Por essas características, esse tipo de sistema pode ser utilizado em locais onde não há a possibilidade de congelamento da água do sistema. E a água é descarregada apenas pelos chuveiros que foram acionados pelo incêndio (SEITO et al., 2008).

2.5.1.2 Sistema de tubo seco

Nesse sistema não há água na tubulação, que contém ar comprimido ou nitrogênio. A válvula do sistema é aberta quando acontece a liberação do gás pelo acionamento de um chuveiro automático da instalação, permitindo a entrada de água na tubulação. A instalação desse tipo de sistema ocorre em locais de temperaturas baixas, onde a água poderia congelar dentro da tubulação.

De acordo com Seito et al. (2008, p. 241), deve ser observado que nesse sistema há certo tempo decorrido depois da abertura da válvula e a descarga de água, fazendo com que o incêndio se propague e acione mais chuveiros.

O alarme de fluxo de água nesse tipo de sistema deve ser previsto na VGA, podendo ter gongo hidráulico ou pressostato para fechar o contato elétrico necessário à central do sistema de alarme (WOLLENTARSKI JÚNIOR, 2015).

2.5.1.3 Sistema de ação prévia

Esse sistema também funciona com a tubulação seca, junto da qual é instalado um sistema de detecção de incêndio mais sensível.

Se qualquer detector for acionado por um princípio de incêndio, a válvula do sistema é aberta automaticamente; a água poderá entrar na tubulação e será descarregada nos chuveiros acionados.

Segundo Seito et al. (2008, p. 242), o sistema de alarme é acionado em conjunto com a detecção automática, antes do funcionamento dos chuveiros. Nesse sistema a válvula atua sem a abertura dos chuveiros, por isso acaba funcionando de forma mais rápida pela ação da detecção.

2.5.1.4 Sistema dilúvio

No sistema dilúvio a rede também é seca, e os chuveiros não contêm elemento termossensível. Para tanto, o sistema de detecção é instalado em conjunto, o qual aciona a válvula.

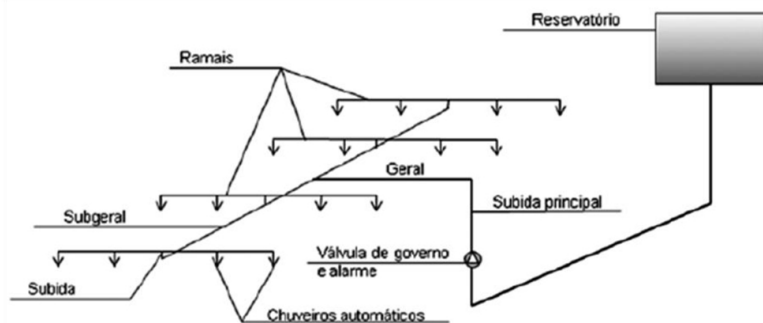
Com a válvula aberta, a água passará pela rede e será descarregada por todos os chuveiros abertos.

2.5.2 Componentes do sistema

Consoante Seito et al. (2008, p. 243), os principais componentes do sistema de chuveiros automáticos compõem os seguintes subsistemas: abastecimento de água, VGA, pressurização e distribuição, conforme a Figura 7.

Os materiais utilizados nas tubulações devem ser fabricados de acordo com as respectivas normativas. Devem ser utilizados materiais certificados (WOLLENTARSKI JÚNIOR, 2015).

Figura 7 – Componentes do sistema de chuveiros automáticos



Fonte: Seito et al., 2008.

O subsistema de abastecimento de água engloba o volume necessário para atender ao número de chuveiros da área de operação com vazão adequada. Esse abastecimento pode ser por reservatórios: elevado, ao nível do solo, semienterrado, enterrado, represa, rio ou lagoa. Para atender aos requisitos do dimensionamento, é necessária a instalação de uma ou mais bombas de incêndio. O volume desse reservatório depende do risco

da ocupação da edificação e do número de chuveiros automáticos que serão calculados.

As bombas do sistema são do tipo centrífuga, as quais mantêm o sistema pressurizado e com a vazão adequada de acordo com o risco da ocupação. Devem ser acionadas automaticamente pela redução da pressão pelo acionamento de algum chuveiro. E o desligamento só poderá ocorrer por controle manual. Deve ser instalada uma bomba de pressurização para impedir a operação indevida da bomba principal, essa bomba é chamada de *jockey* e serve para compensar pequenos vazamentos e assegurar a pressão mínima. Ou seja, essa bomba deve manter o sistema pressurizado com um valor de pressão logo acima da pressão máxima da bomba principal, mas com o mínimo de vazão (SEITO et al., 2008).

As tubulações do sistema recebem várias denominações e funções, como pode ser observado na Figura 7, tais como:

- a) ramal: é a parte da tubulação na qual é instalado diretamente o chuveiro automático;
- b) subgeral: interliga a tubulação geral e os ramais, fazendo com que a água chegue até eles;
- c) geral: abastece a tubulação subgeral; também é chamada de tronco;
- d) descidas ou subidas: são as tubulações que estão na direção vertical, de acordo com o sentido do escoamento da água pela tubulação para chegar até os chuveiros.
- e) subida principal: é a parte da tubulação responsável por fazer a ligação entre o sistema de distribuição e o sistema de abastecimento, nessa tubulação fica instalada a VGA.

Tal qual afirma Brentano (2005, p. 181), os chuveiros automáticos são compostos por quatro elementos basicamente. O corpo é a parte em que está a rosca para fixação na tubulação da rede, é o suporte das outras partes. O obturador é um disco de metal que veda o orifício de descarga de água pelo chuveiro. O elemento termossensível é o componente que libera o obturador e permite que a água passe quando a temperatura de seu funcionamento for atingida. Já o defletor é o elemento sobre o qual incide com muita força o jato sólido de água, após a liberação do obturador.

De acordo com Seito et al. (2008, p. 246), os chuveiros automáticos são chamados de *sprinklers* também e podem ser de vários tipos.

Os chuveiros do tipo aberto não têm um componente termossensível ou outro elemento que bloqueie a passagem da água. São elementos do sistema dilúvio.

Os chuveiros automáticos têm um componente termossensível, o qual reage a uma determinada temperatura. Assim, libera automaticamente a descarga de água na área de operação definida no dimensionamento. O elemento termossensível rompe-se sob a ação do calor, em caso de incêndio, e entra em funcionamento de forma automática.

Segundo Wollentarski Júnior (2015, p. 46), o elemento termossensível de um bico é uma liga fusível (solda eutética) ou um bulbo de vidro. Assim, eles não rompem a uma mesma temperatura, visto que são de materiais diferentes.

O elemento termossensível pode ser do tipo ampola, a qual é de vidro e contém um líquido que pode se expandir e uma bolha de ar. Em situação de incêndio, o calor aumenta volume e, por consequência, a bolha de ar é comprimida. Dessa forma, a pressão no interior cresce, rompendo o bulbo de vidro, que libera a válvula.

O desenho do defletor do chuveiro determina o formato e a distribuição do jato para a proteção da área de operação. Além disso, mostra como o chuveiro deve ser instalado: pendente, em pé ou lateral, como pode ser observado na Figura 8.

Figura 8 – Chuveiro em pé, pendente e lateral



Fonte: Seito et al., 2008.

De acordo com a descarga, os chuveiros podem ser divididos em chuveiro padrão, chuveiro lateral, chuveiro tipo antigo e chuveiro especial.

O chuveiro padrão, *spray*, possui defletor que projeta a água para baixo, a distribuição é de forma hemisférica, sendo dirigida completamente sobre o foco de incêndio.

O chuveiro lateral distribui a água para os lados e para frente, com formato de um quarto de esfera. São utilizados principalmente em locais com pouca largura.

Já o chuveiro tipo antigo possui defletor que direciona parte da água contra o teto e o resto do jato para baixo, com formato esférico.

O chuveiro especial fica pendente e pode ser instalado de forma embutida ou no nível do forro falso, por justificativas de cunho estético.

2.5.3 Dimensionamento do sistema

O sistema de chuveiros automáticos pode ser dimensionado de duas formas: por tabelas ou por cálculo hidráulico.

No dimensionamento por tabelas, o diâmetro das tubulações e a quantidade de chuveiros são definidos por valores tabelados de acordo com o risco da ocupação da edificação.

Já o dimensionamento hidráulico leva em consideração o cálculo de perda de carga, para garantir a densidade estabelecida e, assim, ocorrer uma distribuição uniforme sobre a área de operação de um número de chuveiros mínimos. Os pontos devem ser verificados em termos de pressão e vazão. Esse é o procedimento que preconiza a NPT 023 já citada.

2.6 FATOR K

Dentro dos conceitos que envolvem o dimensionamento por cálculo hidráulico, os quais serão mostrados na sequência, um tópico de grande importância diz respeito ao fator K, o fator de vazão dos chuveiros automáticos.

A aplicação dos conceitos de escoamentos de fluidos de Bernoulli em orifícios resulta em uma equação universal, demonstrada na Equação 1:

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

Onde:

Q = vazão

K = fator de escoamento do fluido

P = pressão

Wollentarski Júnior (2015, p. 43) utiliza o exemplo:

Para deixar mais claro o assunto, eis um exemplo prático: imagine um tubo de grosso calibre, como o de uma adutora de qualquer companhia de abastecimento de água. Você dispõe de uma furadeira com três brocas (6 mm, 8 mm e 10 mm) e de um tambor de 100 litros. Primeiramente, faça um furo no cano com a broca de 6 mm e meça quanto tempo é necessário para encher o tambor. Depois disso, tampe o buraco e faça outro furo, em outro local do cano, agora com a broca de 8 mm. Meça mais uma vez o tempo gasto para encher o mesmo tambor. Repita o mesmo procedimento com a broca de 10 mm.

Suponha que você tenha chegado aos seguintes resultados:

– Broca de 6 mm – Tempo para enchimento: 20 minutos à vazão 100/20 = 5 litros/min.

– Broca de 8 mm – Tempo para enchimento: 12 minutos à vazão 100/12 = 8,33 litros/min.

– Broca de 10 mm – Tempo para enchimento: 7 minutos à vazão 100/7 = 14,3 litros/min.

Supondo que a pressão de água na entrada do orifício foi a mesma e equivalente a 4 bar (40 mca), os fatores K serão os seguintes:

– Broca de 6 mm a $5 = K \times \sqrt{4}$ a $K = 2,5 \text{ l/min/bar}^{0,5}$.

– Broca de 8 mm a $8,33 = K \times \sqrt{4}$ a $K = 4,2 \text{ l/min/bar}^{0,5}$.

– Broca de 10 mm a $14,3 = K \times \sqrt{4}$ a $K = 7,2 \text{ l/min/bar}^{0,5}$.

Conforme se pode observar, quanto mais água sair para uma mesma pressão, maior é o fator K. A lógica é a mesma para os bicos de *sprinklers*.

Dessa forma, quanto maior for o fator K do bico do chuveiro automático, uma maior quantidade de água sairá por ele para uma pressão igual. Assim, entende-se que passará mais água por um bico com fator K = 115 do que no bico com fator K = 80, na mesma pressão considerada. Wollentarski Júnior (2015, p. 44) ainda exemplifica: para se conseguir uma vazão de 115 l/min em um bico K 115 é necessário 1 bar de pressão. Agora, para o bico K 80 são necessários 2,07 bar para a mesma vazão, ou seja, uma pressão muito superior.

A pressão no sistema de chuveiros automáticos não é infinita; à vista disso, grandes vazões os bicos devem ter fatores K grandes. Caso contrário, fisicamente é impossível atingir esses valores de pressão, mas nem os equipamentos e tubulações resistiriam a eles.

Wollentarski Júnior (2015, p. 45) ainda complementa que os valores padrões para fatores K são K 80 e K 115.

O valor de K 80 está na unidade l/min/bar^{0,5} e é equivalente a K 5,6 em gpm/psi^{0,5}, esse fator K é muito utilizado para edificações com risco leve ou ordinário.

Já o valor de K 115 l/min/bar^{0,5} ou K 8 gpm/psi^{0,5} tem aplicação para edificações de risco leve, ordinário e extraordinário.

2.6.1 Fator K na NBR 10897

De acordo com o contexto apresentado, a NBR 10897:2014 indica os valores de fatores K permitidos, como mostra o Quadro 6.

Assim, o valor do fator K a ser escolhido depende do diâmetro nominal da rosca, ou seja, do diâmetro do orifício do chuveiro automático.

Quadro 6 – Fatores K – NBR 10897:2014

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: ABNT, 2014.

Comparando-se com a versão antiga dessa norma, a NBR 10897:1990, a tabela de fatores K era um resumo da versão atual, permitindo poucos valores de fator K, como pode ser observado no Quadro 7. Era permitido apenas um valor de fator K para cada diâmetro nominal de chuveiro.

Quadro 7 – Fatores K – NBR 10897:1990

Diâmetro nominal do chuveiro (mm)	Orifício do chuveiro			Fator “K”
	Tipo	Diâmetro		
		(mm)	(pol)	
10	Pequeno	11	7/16”	57 ± 5%
15	Médio	12,7	1/2”	80 ± 5%
20	Grande	13,5	17/32”	115 ± 5%

Fonte: adaptado de ABNT, 1990.

2.6.2 Fator K na UL 199

Fabricantes internacionais fazem uso da norma UL 199 – Chuveiros automáticos para serviços de proteção contra incêndio.

Pode-se observar que os valores de fatores K constantes nessa norma são praticamente os mesmos que constam na versão atualizada da NBR 10897, mas apenas essa última contém um valor diferente, como mostra o Quadro 8.

Quadro 8 – Fatores K – UL 199

Fator K	Coefficiente de descarga K	Tamanho do chuveiro
	gpm/psi ^{1/2}	
1,4	1,3 – 1,5	1/2”
1,9	1,8 – 2,0	1/2”
2,8	2,6 – 2,9	1/2”
4,2	4,0 – 4,4	1/2”
5,6	5,3 – 5,8	1/2”
8,0	7,4 – 8,2	3/4” ou 1/2”

11,2	11,0 – 11,5	3/4" ou 1/2"
12,0	13,5 – 14,5	3/4"
16,8	16,0 – 17,6	3/4"
25,2	23,9 – 26,5	1"

Fonte: adaptado de UL 199, 2008.

2.7 PROCEDIMENTO DE CÁLCULO HIDRÁULICO

O dimensionamento do sistema de chuveiros automáticos deve ser elaborado com base nos critérios estabelecidos pela NBR 10897:2014. O sistema apresentado seguirá os critérios de dimensionamento por cálculo hidráulico, os quais são apresentados a seguir.

2.7.1 Classificação do risco

O primeiro parâmetro para avaliação do sistema é a classificação de risco da edificação. Para tanto, utiliza-se o Quadro 9 da norma NBR 10897:2014.

Quadro 9 – Exemplos de classificação de ocupações

Classificação	Exemplos
---------------	----------

Risco leve	Igrejas
	Clubes
	Escolas públicas e privadas (1º, 2º e 3º graus)
	Hospitais com ambulatorios, cirurgia e centros de saúde
	Hotéis, edificios 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
Risco leve	Teatro e auditórios, exceto palcos e proscênios
	Prédios de administração pública
Risco ordinário – Grupo 1	Estacionamento de veículos e showrooms
	Padarias
	Fabricação de bebidas (refrigerantes, sucos)
	Fábrica de conservas
	Processamento e fabricação de produtos lácteos
	Fábrica de produtos eletrônicos
	Fabricação de vidro e produtos de vidro
	Lavanderias
	Áreas de serviço de restaurantes

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
	Péres 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

Risco extraordinário – Grupo 1	Hangares
	Áreas de uso de fluidos hidráulicos combustíveis
	Fundições
Risco extraordinário – Grupo 1	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
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 óleos abertos
	Processamento de plásticos
	Limpeza de solventes
	Pintura e envernizamento por imersão

Fonte: ABNT, 2014.

2.7.2 Determinação da área máxima de cobertura de cada chuveiro e distância máxima entre ramais e entre chuveiros nos ramais

Utilizando os dados da norma NBR 10897:2014, identificam-se os valores para área máxima de cobertura para o cálculo hidráulico e a distância máxima entre chuveiros automáticos, conforme Quadro 10 a seguir. Tendo-se como referência a classificação do risco da edificação e conside-

rando também a combustibilidade do teto da edificação e se apresenta obstruções, obtém-se os valores desejados.

Quadro 10 – Áreas de cobertura máxima por chuveiro automático e distância máxima entre chuveiros automáticos (chuveiros automáticos tipo spray em pé e pendentes de cobertura padrão)

Tipo de teto	Método de cálculo	Área de cobertura m²			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		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		3,7	
	Cálculo hidráulico			9,3 a 12,1a		3,7 a 4,6b	
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 m², se densidade 10,2 mm/min, e 4,6 m, se densidade < 10,2 mm/min.							

Fonte: ABNT, 2014.

2.7.3 Determinação do pavimento de maior demanda hidráulica

O pavimento de maior demanda hidráulica é aquele que exige maior pressão do sistema para ser atendido. Se for uma edificação em altura, será o último pavimento. Caso a edificação seja térrea, será a área total dela.

2.7.4 Determinação do número total de colunas de alimentação

Utilizando como referência a norma NBR 10897:2014, determina-se a área máxima atendida pela coluna de alimentação de acordo com a classificação de risco dela, conforme o Quadro 11, que segue.

Quadro 11 – 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	4800
Ordinário	4800
Extraordinário (projetado por tabela)	2300
Extraordinário (projetado por cálculo hidráulico)	3700
Armazenamento	3700

Fonte: ABNT, 2014.

2.7.5 Determinação do espaçamento entre chuveiros e entre ramais

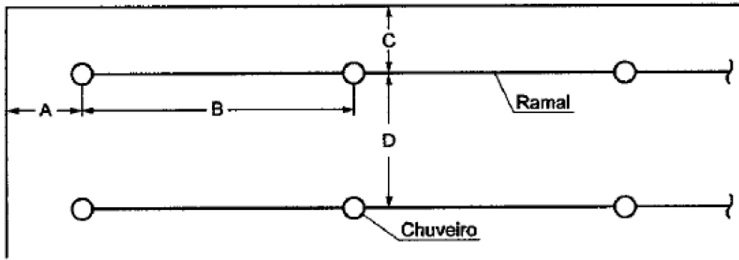
Conforme Seito et al. (2008), a determinação da distribuição dos chuveiros é um passo extremamente importante na concepção do projeto, pois a atuação de certo chuveiro acionado pode retardar a ação de outro que está sobre o incêndio, em consequência da distância inadequada.

A NBR 10897:2014 estabelece que a distância entre chuveiros automáticos seja representada por S e é determinada pelo maior resultado entre as relações: o dobro da distância até a parede ou a distância entre o próximo chuveiro.

Já a distância entre os ramais é L e se deve escolher a maior das distâncias entre: o dobro da distância até a parede ou a distância até o próximo chuveiro automático. Essas distâncias se embasam nas relações e na Figura 9 a seguir.

A distância mínima entre os chuveiros automáticos do tipo *spray* pendente de cobertura padrão é 1,80 m, e a distância máxima entre os chuveiros automáticos é encontrada de acordo com o Quadro 10 já apresentado.

Figura 9 – Área de cobertura



Fonte: ABNT, 2014.

Se $A \times 2 > B$, então $A \times 2 = S$.

Se $B > A \times 2$, então $B = S$.

Se $C \times 2 > D$, então $C \times 2 = L$.

Se $D > C \times 2$, então $D = L$.

Área por chuveiro = $S \times L$.

2.7.6 Layout da distribuição de chuveiros e ramais

A próxima etapa consiste na determinação do número de chuveiros, do número de ramais e das distâncias entre chuveiros, entre chuveiros e a parede, entre ramais e entre ramais e parede, conforme Equações 2, 3, 4 e 5.

$$N_{\text{chuveiros}} = \text{Comprimento} / \text{distância}_{\text{chuveiros}} \quad (\text{Equação 2})$$

$$\text{distância}_{\text{parede-chuveiro}} = \frac{\text{comprimento} - \text{distância}_{\text{chuveiros}}}{2} \quad (\text{Equação 3})$$

$$N_{\text{ramais}} = \text{Largura} / \text{distância}_{\text{ramais}} \quad (\text{Equação 4})$$

$$\text{distância}_{\text{parede-ramal}} = \frac{\text{largura} - \text{distância}_{\text{ramais}}}{2} \quad (\text{Equação 5})$$

2.7.7 Layout do sistema

O *layout* do sistema consiste na determinação do número total de chuveiros automáticos da edificação, de acordo com os cálculos anteriores de distâncias.

2.7.8 Determinação da área de operação

A área de operação é um valor que estabelece a quantidade de chuveiros automáticos que serão calculados para o sistema. Dessa forma, a NBR 10897:2014 demonstra que a área de operação de todos os sistemas deve ser a área de maior demanda hidráulica.

Caso a edificação seja classificada como risco leve ou ordinário e a área de operação dos chuveiros for menor que 140 m², deve ser utilizada a densidade para 140 m².

Se a edificação pertencer ao grupo de risco extra e a área de operação dos chuveiros for menor que 230 m², deve ser utilizada a densidade para 230 m².

2.7.9 Determinação do número de chuveiros da área de operação

A determinação do número de chuveiros a serem calculados para a área de operação depende da seguinte relação, dada pela Equação 6:

$$N_{chuveiros} = \frac{\text{Área de Operação}}{\text{Área por Chuveiro}} \text{ (Equação 6)}$$

A área de operação e a área por chuveiro são valores previamente determinados, com base nos itens anteriores. O valor do número de chuveiros deve ser arredondado para o número inteiro superior e indica para quantos chuveiros o sistema deverá ser dimensionado no mínimo.

2.7.10 Determinação dos lados da área de operação

A NBR 10897:2014 determina que, quando o projeto é baseado no método área-densidade, a área de operação considerada deverá ser retangular, e a relação entre os lados é dada pela seguinte correlação, de acordo com a Equação 7:

$$\text{Maior lado} = 1,2 \times \sqrt{\text{área de operação}} \text{ (Equação 7)}$$

Encontrando-se o valor do maior lado, determina-se o número de chuveiros automáticos desse lado do retângulo a ser considerado, de

acordo com a distância entre chuveiros já calculada. Deve-se arredondar o número de chuveiros para o número inteiro subsequente.

Para o cálculo do lado menor, considera-se a Equação 8:

$$\text{Menor lado} = \frac{\text{área de operação}}{\text{lado maior}} \quad (\text{Equação 8})$$

Com o comprimento do menor lado e a distância entre ramais já calculada, chega-se também ao número de chuveiros automáticos desse lado.

Dessa forma, o número de chuveiros automáticos encontrados deve ser igual ou maior ao número de chuveiros mínimos com base na área de operação descrita.

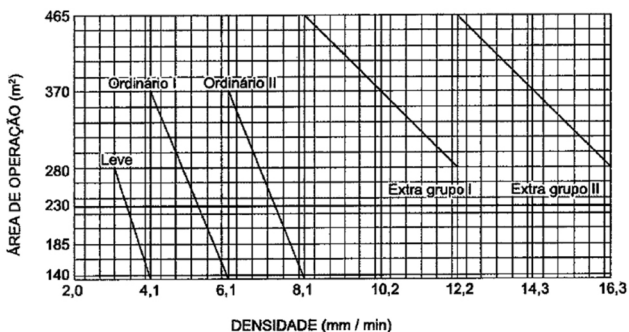
2.7.11 Croqui da área de operação

Após a determinação de todas as distâncias, números de chuveiros do sistema e número de chuveiros automáticos a serem calculados, representa-se um croqui esquemático desse cenário.

2.7.12 Determinação da densidade

A demanda de água dos chuveiros automáticos pode ser constatada utilizando-se as curvas de densidade da NBR 10897:2014, como indica a Figura 10, com base nos dados de área de operação e risco da edificação, os quais já foram determinados.

Figura 10 – Curvas de densidade e área



Fonte: ABNT, 2014.

2.7.13 Determinação do fator *K* de descarga

De acordo com a NBR 10897:2014, os valores do fator *K* devem estar em conformidade com os seguintes dados do Quadro 12, em função do diâmetro do orifício.

Quadro 12 – Identificação das características de descarga dos chuveiros automáticos

Fator nominal <i>K</i>		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: ABNT, 2014.

2.7.14 Cálculo da vazão e pressão no primeiro chuveiro mais desfavorável

O primeiro chuveiro automático mais desfavorável do sistema é o que está mais distante do reservatório.

Para a determinação da vazão deste chuveiro, utiliza-se a Equação 9:

$$Q = \text{densidade} \times \text{área de cobertura (Equação 9)}$$

Onde:

Q = vazão no primeiro chuveiro mais desfavorável, em l/min

Partindo-se do valor de vazão encontrado na equação anterior, encontra-se a pressão desse chuveiro por meio da Equação 1:

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

Onde:

Q = vazão deste chuveiro, em l/min

K = fator de vazão (com base no Quadro 12), em l/min/ $\sqrt{\text{bar}}$

P = pressão, em bar

De acordo com a NBR 10897:2014, a pressão mínima de operação de qualquer chuveiro automático deve ser igual a 48 kPa, a menos que ensaios específicos aconselhem uma pressão mínima de operação superior para o sistema.

2.7.15 Dimensionamento a partir do segundo chuveiro mais desfavorável

A partir do segundo chuveiro automático mais desfavorável devem ser calculados os diâmetros, perda de carga, pressão nesse ponto e a vazão deste chuveiro. Devem ser repetidos esses cálculos para todos os chuveiros desse primeiro ramal mais desfavorável.

Para encontrar o valor do diâmetro da tubulação, utiliza-se a Equação 10 (Equação de Forchheimer):

$$D = 2,388 \cdot \sqrt{Q} \quad (\text{Equação 10})$$

Onde:

D = diâmetro da tubulação, em mm

Q = vazão acumulada no ponto, em l/min

Para o cálculo da perda de carga contínua unitária, emprega-se a fórmula de Hazen-Williams, conforme a Equação 11:

$$J = \frac{6,05 \times 10^5 \times Q^{1,85}}{C^{1,85} \times D^{4,87}} \quad (\text{Equação 11})$$

Onde:

J = perda de carga contínua unitária, em bar/m

Q = vazão acumulada, em l/min

C = coeficiente de rugosidade, que depende do material da tubulação, os valores são indicados na NBR 10897:2014, conforme Quadro 13 na sequência

D = diâmetro, em mm

Quadro 13 – Valores de 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: ABNT, 2014.

Com o valor da perda de carga por unidade de comprimento da tubulação, determina-se o valor da perda de carga total (absoluta) no trecho pela Equação 12:

$$J_{trecho} = J \times L_{trecho} \quad (\text{Equação 12})$$

Onde:

J_{trecho} = perda de carga total no trecho, em bar

J = perda de carga, em bar/m

L_{trecho} = comprimento do trecho, em m

Para o conceito de pressão, deve-se somar as parcelas de cada trecho, conforme a Equação 13:

$$P = P_{antes} + J_{trecho} \quad (\text{Equação 13})$$

Onde:

P = pressão no chuveiro que está sendo calculado, em bar

P_{antes} = pressão no chuveiro anterior, em bar

J_{trecho} = perda de carga total no trecho, em bar

A vazão deve ser calculada para cada chuveiro que será dimensionado desse ramal, considerando-se a equação já apresentada. O fator K será o mesmo escolhido da tabela da NBR 10897:2014, e a pressão será o valor calculado para cada trecho do ramal da tubulação.

O dimensionamento dessas características deve ser realizado para todos chuveiros do ramal que devem ser considerados no cálculo.

2.7.16 Dimensionamento do ponto A

O ponto A do ramal mais afastado do reservatório, ou seja, do ramal mais desfavorável, é o ponto que concentra todas as vazões dos chuveiros que devem ser calculados no ramal.

Assim, nesse ponto A, devem ser encontrados os valores do diâmetro, da perda de carga no trecho e da pressão. A vazão a ser considerada nessa posição é o somatório das vazões dos chuveiros automáticos calculados desse ramal. Com esses valores, deve ser encontrado o valor do fator K do ramal, pela Equação 1:

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

Onde:

Q = vazão acumulada no ponto A, somatório das vazões dos chuveiros dimensionados no ramal, em l/min

K = fator de vazão, em l/min/ $\sqrt{\text{bar}}$

P = pressão no ponto A, em bar

Esse fator K encontrado para o ponto A será utilizado no dimensionamento dos próximos pontos a serem calculados.

2.7.17 Dimensionamento do ponto B

O ponto B será o ponto em que se dividem as vazões, uma parte para atender ao ponto A e outra parte para atender à segunda linha de ramais desfavoráveis.

Para esse ponto, devem ser calculados o diâmetro, a perda de carga no trecho, a pressão e a vazão. Para o cálculo da vazão, utiliza-se o fator K calculado no ponto A.

De acordo com o cálculo da área de operação do sistema e o número de chuveiros e ramais que devem ser verificados, essa etapa do dimensionamento pode ser repetida para pontos C e D, caso necessário.

Após o dimensionamento do último ponto em que a vazão é dividida para atender aos chuveiros automáticos mínimos, resta calcular as características necessárias para encontrar a bomba que atende ao sistema.

2.7.18 Determinação da capacidade da bomba

O conjunto moto-bomba deve garantir ao sistema pressão e vazão adequadas ao risco da edificação para o qual o sistema foi dimensionado (SEITO et al., 2008).

Para encontrar a bomba que atenda às características do sistema, precisa-se das informações da perda de carga total do sistema, ou seja, a altura manométrica necessária e a vazão.

A vazão da bomba será igual à vazão encontrada para o último ponto, o ponto X, em que há a segmentação de vazão no sistema para abastecer os chuveiros automáticos mínimos.

A perda de carga total é encontrada pela Equação 14:

$$H_{man} = H_g + P_c + J_{rec} + J_{suc} \text{ (Equação 14)}$$

Onde:

H_{man} = perda de carga total, em m

H_g = desnível geométrico entre o ponto X e a VGA

J_{rec} = perda de carga no recalque, em m

J_{suc} = perda de carga na sucção, em m

A perda de carga no recalque será encontrada pela fórmula de Hazen-Williams já apresentada, considerando-se os comprimentos de tubulação e conexões do ponto X até a VGA.

A perda de carga na sucção será encontrada também pela fórmula de Hazen-Williams, com a vazão total do sistema e considerando os comprimentos de tubulação e conexões do reservatório até a bomba.

Portanto, com os dados de perda de carga total (pressão) e a vazão do sistema, pode-se encontrar a bomba principal comercial que compreenda essas faixas de valores e atenda a esse sistema.

Ainda é necessário dimensionar a bomba auxiliar de pressurização do sistema. Segundo Seito et al. (2008, p. 245):

Para evitar a operação indevida da bomba principal, deve ser instalada uma bomba de pressurização, denominada *jockey*, a fim de compensar pequenos e eventuais vazamentos na tubulação, em uma faixa de pressão hidráulica preestabelecida para garantir uma pressão hidráulica de supervisão no sistema de distribuição. Essa bomba deve manter a rede do sistema de chuveiros sob uma pressão imediatamente superior à pressão máxima da bomba principal, sem vazão, e sua demanda nominal não superior a 20 l/min (1,2 m³/h).

2.7.19 Volume do reservatório

Segundo Seito et al. (2008), o volume do reservatório necessário para atender ao sistema está relacionado à quantidade de chuveiros automáticos que se espera entrar em operação, a qual depende de a capacidade de resfriamento da descarga de água ser superior a liberação de calor do fogo.

O volume do reservatório para o sistema de chuveiros automáticos deve ser calculado em função do tempo de funcionamento da rede, de acordo com o risco da edificação, conforme Quadro 14 a seguir, da NBR 10897:2014.

Quadro 14 – Demanda de hidrantes e duração de abastecimento de água para sistemas projetados por cálculo hidráulico

Tipo de ocupação	Demanda de hidrantes (l/min)	Duração (min)
Risco leve	380	30
Risco ordinário	950	60

Risco extra ou extraordinário	1900	90
Armazenamento	Consultar ABNT NBR 13792	

Fonte: ABNT, 2014.

2.8 ANÁLISE DOS SISTEMAS

De acordo com Brentano (2005, p. 37), não basta um sistema de proteção contra incêndio bem projetado e devidamente executado; ele deve ser inspecionado e testado constantemente, passando por manutenções periódicas. Os ocupantes das edificações também devem saber como se comportar e operar o sistema de maneira eficiente em caso de sinistro.

O custo do sistema deve ser uma preocupação grande, mas nunca pode ser maior que a preocupação com a segurança dos usuários da edificação.

Para cada edificação, deve-se analisar a solução mais adequada, priorizando pela segurança da vida dos usuários, para depois pensar na proteção da propriedade e do conteúdo, ou seja, dos bens materiais, e, por último, na continuidade do processo operacional.

Frente a tantas vantagens do sistema de chuveiros automáticos já apresentadas, mesmo assim, este não é muito utilizado, inclusive quando pode ser uma alternativa para reduzir os outros sistemas. Dessa forma, Mario (2007) menciona que algumas vezes esse fato diz respeito ao comprometimento das instalações elétricas pela ação da água, mesmo que as instalações possam ser protegidas e o problema, evitado. Outro ponto é quanto ao custo de instalação do sistema.

3 – ESTUDO DE CASO

Como apresentado, é fato que o sistema de chuveiros automáticos tem grande custo. Dessa forma, deve ser devidamente analisado em vários fatores, atendendo a todos os preceitos das normas vigentes, para que se tenha um sistema ideal. O fator K da descarga do chuveiro é um desses itens.

Assim, a partir de uma edificação padrão escolhida, será mostrado o procedimento de cálculo hidráulico previsto pela NBR 10897:2014 e será repetido com a alteração do fator K arbitrado, para depois ser feita a análise dos componentes afetados do sistema.

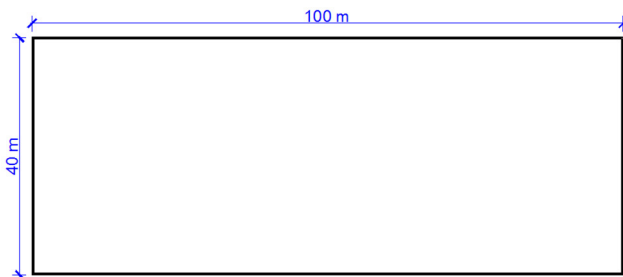
Foram selecionados quatro valores de fator K para a repetição do cálculo: K 61, K 80, K 115 e K 161. Como citado, os valores de 80 e 115 são os mais comuns na prática, ainda se escolhendo um valor inferior e um superior, permitidos para o mesmo tamanho de orifício de chuveiro.

3.1 EDIFICAÇÃO ESCOLHIDA

A edificação adotada para o cálculo do sistema de chuveiros automáticos tem ocupação de igreja. Ela é composta por apenas um pavimento, com as dimensões: 40 m de largura e 100 m de comprimento, conforme planta baixa da Figura 11, totalizando uma área de 4.000 m².

A edificação em questão não possui a exigência sumária do dimensionamento do sistema de chuveiros automáticos. Mas a existência dele é motivo de acréscimo às distâncias máximas a serem percorridas até a saída, fato que pode viabilizar a utilização de uma edificação existente para outra ocupação.

Figura 11 – Planta baixa esquemática da edificação



Fonte: a autora, 2016.

3.2 PROCEDIMENTO DE CÁLCULO HIDRÁULICO

3.2.1 Classificação do risco

De acordo com o Quadro 15 da NBR 10897:2014, esse tipo de ocupação se classifica como de risco leve.

Quadro 15 – Exemplos de classificação de ocupações

Classificação	Exemplos
Risco leve	Igrejas
	Clubes
	Escolas públicas e privadas (1º, 2º e 3º graus)
	Hospitais com ambulatorios, cirurgia e centros de saúde
	Hotéis, edificios 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
	Teatro e auditórios, exceto palcos e prosccênios
	Prédios de administração pública

Fonte: adaptado de ABNT, 2014.

O sistema apresenta as seguintes características para o dimensionamento:

- norma adotada: NBR 10897:2014;
- tipo de sistema: canalização molhada;
- material da canalização: ferro (C = 100);
- pressão mínima no chuveiro: 48 kPa ou 4,8 mca;
- tipo de chuveiro: *spray* pendente de cobertura padrão;
- tempo mínimo de funcionamento: 30 minutos;
- abastecimento de água: reservatório inferior, com bombas de incêndio.

3.2.2 Determinação da área máxima de cobertura de cada chuveiro e distância máxima entre ramais e entre chuveiros nos ramais

Utilizando os valores da NBR 10897:2014, identificam-se os valores de 20,90 m² para área máxima de cobertura para o cálculo hidráulico, considerando que o teto da edificação não é combustível e não apresenta obstruções. Para a distância máxima entre chuveiros automáticos, obtém-se o valor de 4,60 m, conforme Quadro 16 na sequência.

Quadro 16 – Áreas de cobertura máxima por chuveiro automático e distância máxima entre chuveiros automáticos (chuveiros automáticos tipo *spray* em pé e pendentes de cobertura padrão)

Tipo de teto	Método de cálculo	Área de cobertura m²			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

Fonte: adaptado de ABNT, 2014.

3.2.3 Determinação do pavimento de maior demanda hidráulica

Como a edificação em questão é composta por apenas um pavimento, a área considerada será a total, ou seja, 4.000 m².

3.2.4 Determinação do número total de colunas de alimentação

Utilizando como referência a NBR 10897:2014, determina-se que a área máxima atendida pela coluna de alimentação é 4.800 m², pois a edificação apresenta risco leve, observando-se o Quadro 17. Dessa forma, como essa área é inferior à da edificação, será necessária uma VGA.

Quadro 17 – Área máxima servida por uma coluna de alimentação por pavimento

Tipo de teto	Área máxima servida por uma coluna de alimentação por pavimento m ²
Leve	4800

Fonte: adaptado de ABNT, 2014.

3.2.5 Determinação do espaçamento entre chuveiros e entre os ramais

A NBR 10897:2014 estabelece que a distância entre chuveiros automáticos seja representada por S e é determinada pelo maior resultado entre as relações: o dobro da distância até a parede ou a distância entre o próximo chuveiro.

Já a distância entre os ramais é L e deve-se escolher a maior das distâncias entre o dobro da distância até a parede ou a distância até o próximo chuveiro automático.

Dessa forma, a distância entre chuveiros foi estabelecida em 4,60 m e a distância entre ramais, em 4,50 m. Consequentemente, a área de cobertura será de 20,70 m², não ultrapassando o valor máximo permitido de 20,90 m².

3.2.6 Layout da distribuição de chuveiros e ramais

Para os cálculos do número de chuveiros e a distância entre parede e chuveiro, tem-se as Equações 2 e 3:

$$N_{chuveiros} = Comprimento / distância_{chuveiros} \text{ (Equação 2)}$$

$$N_{chuveiros} = 100 / 4,6 = 21,7 \cong 22 \text{ chuueiros}$$

$$21 \text{ espaços de } 4,6 \text{ m} = 96,6 \text{ m}$$

$$distância_{parede-chuveiro} = 100 - 96,6 = 3,4 / 2 = 1,7 \text{ m} \text{ (Equação 3)}$$

Para o número de ramais e a distância entre ramal e parede, obtêm-se as Equações 4 e 5:

$$N_{ramais} = Largura / distância_{ramais} \text{ (Equação 4)}$$

$$N_{ramais} = 40 / 4,5 = 8,89 \cong 9 \text{ ramais}$$

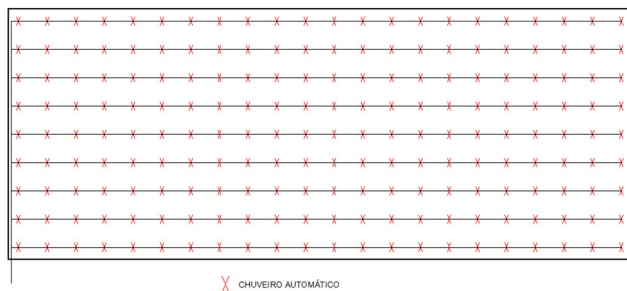
$$8 \text{ espaços de } 4,5 \text{ m} = 36 \text{ m}$$

$$distância_{parede-ramal} = 40 - 36 = 4 / 2 = 2 \text{ m} \text{ (Equação 5)}$$

3.2.7 Layout do sistema

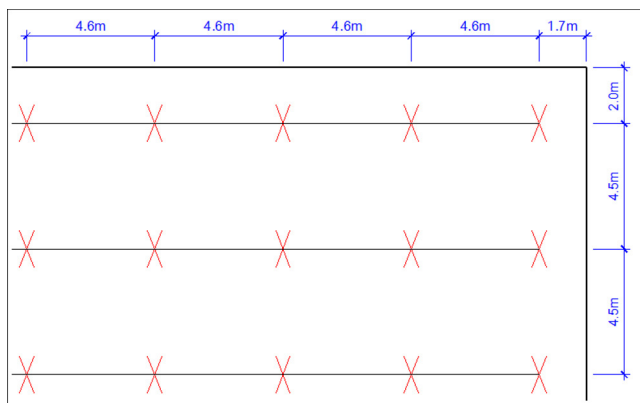
O sistema será composto por 22 chuueiros em cada um dos nove ramais, conforme a Figura 12 que segue. Já na Figura 13 estão indicadas as distâncias calculadas entre chuueiros, entre chuueiro e parede, entre ramais e entre ramais e parede.

Figura 12 – Layout do sistema de chuueiro automático



Fonte: a autora, 2016.

Figura 13 – Parte do sistema indicando as distâncias calculadas



Fonte: a autora, 2016.

3.2.8 Determinação da área de operação

A edificação em questão pertence à classificação de risco como leve, dessa forma, a NBR 10897:2014 estabelece que, quando a área de operação for menor que 140 m² (nesse caso, a área de operação é 20,7 m²), a densidade deve ser utilizada para 140 m².

3.2.9 Determinação do número de chuveiros da área de operação

A determinação do número de chuveiros a serem calculados para a área de operação depende da Equação 6:

$$N_{\text{chuveiros}} = \frac{\text{Área de Operação}}{\text{Área por Chuveiro}} \quad (\text{Equação 6})$$

Assim, para o caso em questão, aplicando-se a equação anterior, tem-se:

$$N_{\text{chuveiros}} = \frac{140}{20,7} = 6,76 \cong 7 \text{ chuveiros}$$

De acordo com esse cálculo, é necessário o dimensionamento de, no mínimo, 7 chuveiros do sistema.

3.2.10 Determinação do lado de maior operação

A NBR 10897:2014 determina que, quando o projeto é baseado no método área-densidade, a área de operação considerada será retangular, a relação entre os lados é dada pela Equação 7 e o número de chuveiros do lado maior, pela Equação 15:

$$\text{Maior lado} = 1,2 \times \sqrt{\text{área de operação}} \quad (\text{Equação 7})$$

$$\text{Maior lado} = 1,2 \times \sqrt{140} = 14,198 \text{ m}$$

$$\text{chuveiros}_{\text{lado maior}} = \frac{\text{lado}_{\text{maior}}}{\text{distância}_{\text{chuveiros}}} \quad (\text{Equação 15})$$

$$\frac{9,86}{4,50} \cong 3 \text{ chuveiros}$$

Assim, têm-se três chuveiros automáticos no lado maior da área de operação. Já para o menor lado da operação, utilizam-se as Equações 8 e 16:

$$\text{Menor lado} = \frac{\text{área de operação}}{\text{lado maior}} \quad (\text{Equação 8})$$

$$\text{Menor lado} = \frac{140}{14,198} = 9,86 \text{ m}$$

$$\text{chuveiros}_{\text{lado menor}} = \frac{\text{lado}_{\text{menor}}}{\text{distância}_{\text{ramais}}} \quad (\text{Equação 16})$$

$$\frac{9,86}{4,50} \cong 3 \text{ chuveiros}$$

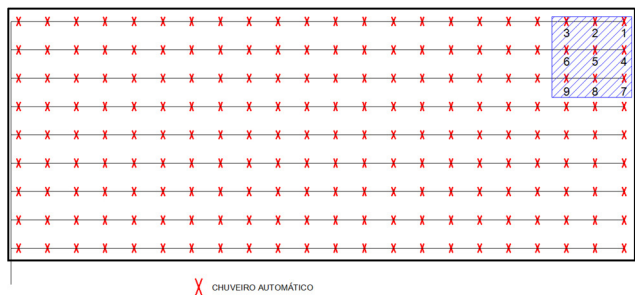
Portanto, no lado menor há três chuveiros automáticos da área de operação. Dessa forma, serão nove chuveiros no total da área de opera-

ção. Esse valor é aceitável, pois o número mínimo de chuveiros a serem calculados, como apresentado, era sete.

3.2.11 *Croqui da área de operação*

Com essas definições, estabelece-se a seguinte configuração dos chuveiros automáticos que serão dimensionados, de acordo com a Figura 14.

Figura 14 – Chuveiros automáticos da área de operação

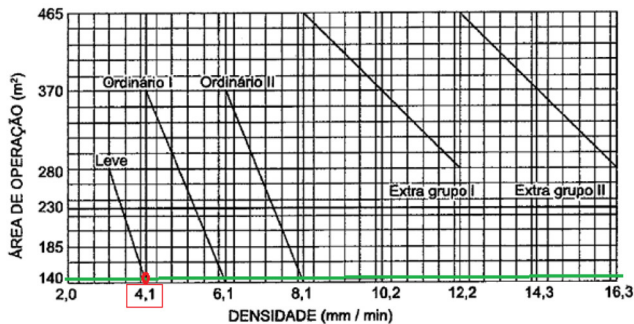


Fonte: a autora, 2016.

3.2.12 *Determinação da densidade*

Utilizando-se o gráfico da NBR 10897:2014, para o qual a edificação apresenta risco leve e a área de operação é 140 m², obtém-se a densidade de 4,1 mm/min, conforme a Figura 15.

Figura 15 – Curvas de densidade e área



Fonte: adaptada de ABNT, 2014.

Os requisitos do sistema mostrados até esse ponto não se alteram para os quatro dimensionamentos propostos. A partir desse ponto, serão separados os procedimentos em cada uma das tentativas.

3.2.13 Primeiro dimensionamento – fator $K = 61$

3.2.13.1 Determinação do fator de descarga

Como o diâmetro nominal da rosca é DN 15, de acordo com o Quadro 18 da NBR 10897:2014, vários valores de fator K podem ser utilizados no dimensionamento.

Assim, para essa primeira tentativa de cálculo, será atribuído o valor de 61 para o fator K.

Quadro 18 – Identificação das características de descarga dos chuveiros automáticos

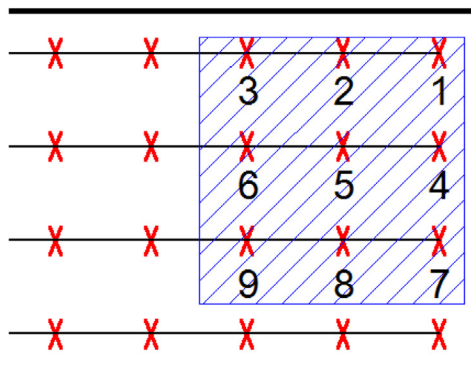
Fator nominal K		Diâmetro nominal da rosca
L/min/bar ^{1/2}	gpm/psi ^{1/2}	mm
20	1,4	DN 15
27	1,9	DN 15
40	2,8	DN 15
61	4,2	DN 15
80	5,6	DN 15
115	8,0	DN 15 ou DN 20
161	11,2	DN 15 ou DN 20
202	14,0	DN 20
242	16,8	DN 20
282	19,6	DN 25
323	22,4	DN 25
363	25,2	DN 25
403	28,0	DN 25

Fonte: adaptado de ABNT, 2014.

3.2.13.2 Cálculo da vazão e pressão no primeiro chuveiro mais desfavorável

O primeiro chuveiro automático mais desfavorável do sistema é o que está mais distante do reservatório, visto que a edificação é térrea e não há diferença de nível entre os chuveiros a serem instalados. Segundo a Figura 16, será o chuveiro automático número 1.

Figura 16 – Chuveiros automáticos da área de operação



Fonte: a autora, 2016.

Para a determinação da vazão deste chuveiro, utiliza-se a Equação 9:

$$Q = \text{densidade} \times \text{área de cobertura (Equação 9)}$$

Onde:

Q = vazão no primeiro chuveiro mais desfavorável, em l/min

Assim, para esse chuveiro 1:

$$Q = 4,1 \times 20,70 = 84,87 \text{ l/min}$$

Com esse valor de vazão, encontra-se a pressão desse chuveiro por meio da Equação 1:

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

Onde:

Q = vazão deste chuveiro, em l/min

K = fator de vazão (atribuído em 61), em l/min/ $\sqrt{\text{bar}}$

P = pressão, em bar

$$84,87 = 61 \cdot \sqrt{P}$$

$$P = 1,94 \text{ bar}$$

De acordo com a NBR 10897:2014, a pressão mínima de operação de qualquer chuveiro automático deve ser igual a 48 kPa ou 0,48 bar; portanto, a pressão no chuveiro 1 de 1,94 bar atende.

3.2.13.3 Dimensionamento do segundo chuveiro mais desfavorável

Para o chuveiro 2, numeração de acordo com a Figura 16, deve-se encontrar o valor do diâmetro da tubulação por meio da Equação 10 (Forchheimer):

$$D = 2,388 \cdot \sqrt{Q} \quad (\text{Equação 10})$$

Onde:

D = diâmetro da tubulação, em mm

Q = vazão acumulada no chuveiro 1, em l/min

$$D = 2,388 \cdot \sqrt{84,87} \cong 22 \text{ mm}$$

Dessa forma, o diâmetro adotado para a tubulação nesse trecho é 25 mm, visto que é o primeiro valor comercial superior ao calculado.

Para a perda de carga, emprega-se a fórmula de Hazen-Williams da Equação 11:

$$J = \frac{6,05 \times 10^5 \times Q^{1,85}}{C^{1,85} \times D^{4,87}} \quad (\text{Equação 11})$$

Onde:

J = perda de carga, em bar/m

Q = vazão acumulada, em l/min

C = coeficiente de rugosidade, como a tubulação é em ferro fundido,
C=100

D = diâmetro, em mm

$$J = \frac{6,05 \times 10^5 \times 84,87^{1,85}}{100^{1,85} \times 25^{4,87}} = 0,0695 \text{ bar/m}$$

Sabendo-se que o comprimento da tubulação entre os chuveiros 1 e 2 é 4,60 m, a perda de carga no trecho será dada pela Equação 12:

$$J_{\text{trecho}} = J \times L_{\text{trecho}} \text{ (Equação 12)}$$

$$J_{\text{trecho}} = 0,0695 \times 4,60 = 0,32 \text{ bar}$$

Para a pressão no chuveiro 2, tem-se a Equação 13:

$$P = P_{\text{antes}} + J_{\text{trecho}} \text{ (Equação 13)}$$

$$P_2 = 1,94 + 0,32 = 2,26 \text{ bar}$$

Com o valor da pressão nesse chuveiro automático, encontra-se o valor da vazão nesse ponto, segundo a Equação 1:

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

$$Q = 61 \cdot \sqrt{2,26} = 91,70 \text{ l/min}$$

3.2.13.4 Dimensionamento do terceiro chuveiro mais desfavorável

Para o chuveiro 3, conforme a numeração da Figura 16, deve-se encontrar primeiramente o valor do diâmetro da tubulação, de acordo com a Equação 10:

$$D = 2,388 \cdot \sqrt{Q} \text{ (Equação 10)}$$

Onde:

D = diâmetro da tubulação, em mm

Q = vazão acumulada no chuveiro 3, em l/min

$$Q_{acum} = 84,87 + 91,70 = 176,57 \text{ l/min}$$

$$D = 2,388 \cdot \sqrt{176,57} \cong 31,7 \text{ mm}$$

Dessa forma, o diâmetro adotado para a tubulação nesse trecho é 32 mm, visto que é o primeiro valor comercial superior ao calculado.

Para a perda de carga, emprega-se a fórmula de Hazen-Williams, da Equação 11:

$$J = \frac{6,05 \times 10^5 \times Q^{1,85}}{C^{1,85} \times D^{4,87}} \quad (\text{Equação 11})$$

$$J = \frac{6,05 \times 10^5 \times 176,57^{1,85}}{100^{1,85} \times 32^{4,87}} = 0,081 \text{ bar/m}$$

Sabendo-se que o comprimento da tubulação entre os chuveiros 2 e 3 é 4,60 m, a perda de carga no trecho será dada pela Equação 12:

$$J_{trecho} = J \times L_{trecho} \quad (\text{Equação 12})$$

$$J_{trecho} = 0,081 \times 4,60 = 0,37 \text{ bar}$$

Para a pressão no chuveiro 3, tem-se a Equação 13:

$$P = P_{antes} + J_{trecho} \quad (\text{Equação 13})$$

$$P = 2,26 + 0,32 = 2,63 \text{ bar}$$

Com o valor da pressão nesse chuveiro automático, encontra-se o valor da vazão nesse ponto com a Equação 1:

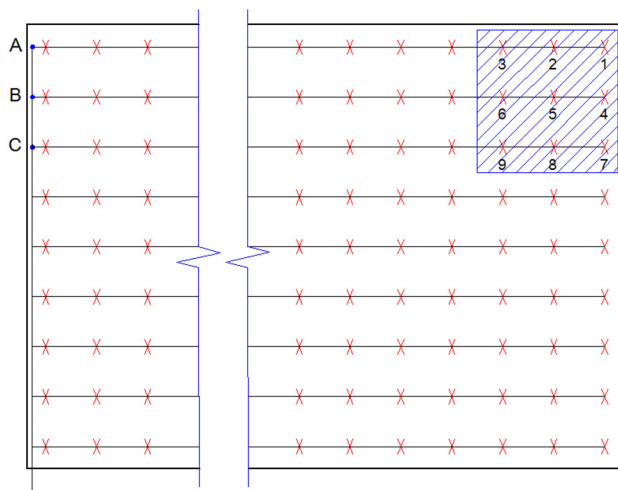
$$Q = K \cdot \sqrt{P} \text{ (Equação 1)}$$

$$Q = 61 \cdot \sqrt{2,63} = 98,93 \text{ l/min}$$

3.2.13.5 Dimensionamento do ponto A

O ponto A do ramal mais afastado do reservatório, ou seja, do ramal mais desfavorável, é o que concentra todas as vazões dos chuveiros que devem ser calculados no ramal, como mostra a Figura 17.

Figura 17 – Posição dos pontos A, B e C da área de operação



Fonte: a autora, 2016.

Assim, deve-se primeiro calcular o diâmetro da tubulação entre o chuveiro 3 e o ponto A, segundo a Equação 10:

$$D = 2,388 \cdot \sqrt{Q} \text{ (Equação 10)}$$

Onde:

Q = vazão acumulada no ponto A, somatório das vazões dos chuveiros dimensionados no ramal, em l/min

$$Q = 84,87 + 91,70 + 98,93 = 275,5 \text{ l/min}$$

$$D = 2,388 \cdot \sqrt{275,5} = 39,64 \text{ mm}$$

Dessa forma, o diâmetro adotado para a tubulação nesse trecho é 40 mm, visto que é o primeiro valor comercial superior ao calculado.

Para a perda de carga, emprega-se a Equação 11:

$$J = \frac{6,05 \times 10^5 \times Q^{1,85}}{C^{1,85} \times D^{4,87}} \quad (\text{Equação 11})$$

$$J = \frac{6,05 \times 10^5 \times 275,5^{1,85}}{100^{1,85} \times 40^{4,87}} = 0,062 \text{ bar/m}$$

Nesse trecho da tubulação, tem-se comprimento de tubulação e conexões a serem consideradas para o cálculo de perdas de cargas.

Como já foram calculados três chuveiros automáticos mais desfavoráveis desse ramal, sobram ainda 19 espaços entre chuveiros e ainda metade do espaço entre chuveiro e parede para chegar-se ao ponto A. Dessa forma, a Equação 17 indica o comprimento real desse trecho:

$$L_{real} = 19 \times 4,60 + 0,85 = 88,25 \text{ m} \quad (\text{Equação 17})$$

As conexões existentes compõem o comprimento equivalente da tubulação. Assim, chega-se ao comprimento total da tubulação, conforme o Quadro 19, para, então, chegar-se à perda de carga total no trecho pela Equação 12.

Quadro 19 – Comprimentos de tubulação do ponto A

Quant.	Unidade	Conexão	L equiv (m)	L total (m)
19	peça	Tê passagem direta 40 mm	0,90	17,10
1	peça	Cotovelo 90° 40 mm	1,30	1,30
88,25	m	tubulação	---	88,25
TOTAL (m)				106,65

Fonte: a autora, 2016.

$$J_{trecho} = J \times L_{trecho} \text{ (Equação 12)}$$

$$J_{trecho} = 0,062 \times 106,65 = 6,61 \text{ bar}$$

Para a pressão no ponto A, tem-se a Equação 13:

$$P = P_{antes} + J_{trecho} \text{ (Equação 13)}$$

$$P = 2,63 + 6,61 = 9,24 \text{ bar}$$

3.2.13.6 Determinação do fator K do ramal

A partir desse ponto, deve-se calcular o novo fator K, o qual será utilizado no cálculo dos próximos pontos do sistema pela Equação 1.

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

$$275,50 = K \cdot \sqrt{9,24} \therefore K = 90,63$$

3.2.13.7 Dimensionamento do ponto B

O ponto B será o ponto em que a vazão é dividida, antes de chegar ao ponto A, para atender ao segundo ramal de chuveiros automáticos mais desfavoráveis (chuveiros 4, 5 e 6), conforme a Figura 16, anteriormente mostrada.

Assim, calcula-se o diâmetro da tubulação entre o ponto A e o ponto B, com a Equação 10.

$$D = 2,388 \cdot \sqrt[4]{Q} \text{ (Equação 10)}$$

$$Q = 84,87 + 91,70 + 98,93 = 275,5 \text{ l/min}$$

$$D = 2,388 \cdot \sqrt[4]{275,5} = 39,64 \text{ mm}$$

Então, o diâmetro empregado para a tubulação nesse trecho é 40 mm. Para a perda de carga, emprega-se a fórmula de Hazen-Williams, pela Equação 11:

$$J = \frac{6,05 \times 10^5 \times Q^{1,85}}{C^{1,85} \times D^{4,87}} \quad (\text{Equação 11})$$

$$J = \frac{6,05 \times 10^5 \times 275,5^{1,85}}{100^{1,85} \times 40^{4,87}} = 0,062 \text{ bar/m}$$

Nesse trecho da tubulação, tem-se apenas a distância entre ramais, assim a perda de carga no trecho se dá pela Equação 12:

$$J_{\text{trecho}} = J \times L_{\text{trecho}} \quad (\text{Equação 12})$$

$$J_{\text{trecho}} = 0,062 \times 4,50 = 0,28 \text{ bar}$$

Para obter a pressão no ponto B, utiliza-se a Equação 13:

$$P = P_{\text{antes}} + J_{\text{trecho}} \quad (\text{Equação 13})$$

$$P = 9,24 + 0,28 = 9,52 \text{ bar}$$

Com o valor do fator K calculado para o ponto A, verifica-se a vazão com a Equação 1:

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

$$Q = 90,63 \cdot \sqrt{9,52} = 279,63 \text{ l/min}$$

$$275,50 = K \cdot \sqrt{9,24} \therefore K = 90,63$$

3.2.13.8 Dimensionamento do ponto C

O ponto C será o ponto em que a vazão é dividida, anterior ao ponto B, para atender ao terceiro ramal de chuveiros automáticos mais desfavoráveis (chuveiros 7, 8 e 9), como mostra a Figura 17.

Assim, calcula-se o diâmetro da tubulação entre o ponto B e o ponto C por meio da Equação 10.

$$D = 2,388 \cdot \sqrt{Q} \text{ (Equação 10)}$$

$$Q = 275,50 + 279,63 = 555,13 \text{ l/min}$$

$$D = 2,388 \cdot \sqrt{555,13} = 56,3 \text{ mm}$$

Então, o diâmetro utilizado para a tubulação nesse trecho é 65 mm. Para a perda de carga, faz-se uso da Equação 11:

$$J = \frac{6,05 \times 10^5 \times Q^{1,85}}{C^{1,85} \times D^{4,87}} \text{ (Equação 11)}$$

$$J = \frac{6,05 \times 10^5 \times 555,13^{1,85}}{100^{1,85} \times 65^{4,87}} = 0,021 \text{ bar/m}$$

Assim, para o comprimento total da tubulação, tem-se os seguintes elementos conforme o Quadro 20. E a perda de carga do trecho é dada pela Equação 12.

Quadro 20 – Comprimentos de tubulação do ponto C

Quant.	Unidade	Conexão	L equiv (m)	L total (m)
1	peça	Tê saída bilateral 65 mm	4,30	4,30
4,5	m	Tubulação	---	4,50
TOTAL (m)				8,80

Fonte: a autora, 2016.

$$J_{trecho} = J \times L_{trecho} \text{ (Equação 12)}$$

$$J_{trecho} = 0,021 \times 8,80 = 0,18 \text{ bar}$$

Para a pressão no ponto C, utiliza-se a Equação 13:

$$P = P_{antes} + J_{trecho} \text{ (Equação 13)}$$

$$P = 9,52 + 0,18 = 9,70 \text{ bar}$$

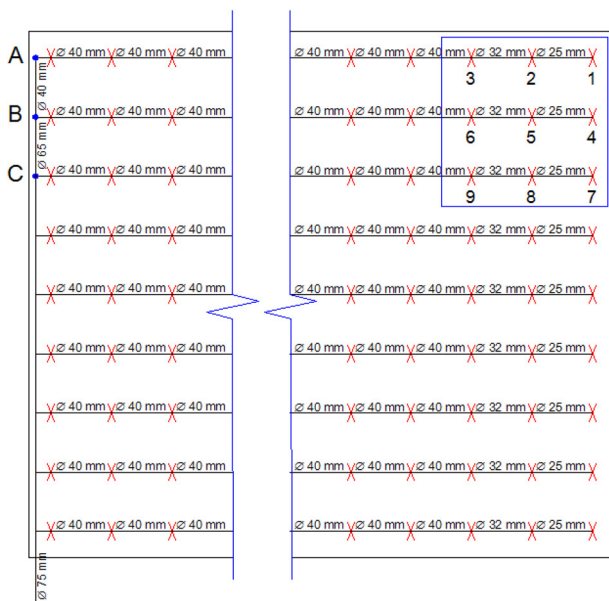
Fator K calculado para o ponto A, para o cálculo da vazão de acordo com a Equação 1:

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

$$Q = 90,63 \cdot \sqrt{9,70} = 282,27 \text{ l/min}$$

Os diâmetros de cada parte da tubulação do sistema encontram-se resumidos na Figura 18 a seguir.

Figura 18 – Diâmetros da tubulação



Fonte: a autora, 2016.

3.2.13.9 Determinação da capacidade da bomba

A vazão total na bomba é dada pela soma das vazões dos pontos A, B e C, demonstrada na Equação 18:

$$Q_{bomba} = Q_A + Q_B + Q_C \text{ (Equação 12)}$$

$$Q_{bomba} = 275,50 + 279,63 + 282,27 = 837,40 \text{ l/min}$$

Com a vazão da bomba, é possível calcular o diâmetro da tubulação de recalque, ou seja, da tubulação que vai do ponto C até a VGA, por meio da Equação 10:

$$D = 2,388 \cdot \sqrt[4]{Q} \text{ (Equação 10)}$$

$$D = 2,388 \cdot \sqrt[4]{837,40} = 69,10 \text{ mm}$$

Portanto, o diâmetro comercial adotado é 75 mm.

Para o cálculo de perda de carga no trecho de recalque são consideradas todas as conexões e os comprimentos de tubulação, conforme o Quadro 21 logo em seguida, aplicando-se na Equação 11:

$$J = \frac{6,05 \times 10^5 \times Q^{1,85}}{C^{1,85} \times D^{4,87}} \text{ (Equação 11)}$$

$$J = \frac{6,05 \times 10^5 \times 837,40^{1,85}}{100^{1,85} \times 75^{4,87}} = 0,023 \text{ bar/m}$$

Para o comprimento da tubulação, foi considerado o espaçamento entre o ponto C e o último ramal da tubulação (27 m), mais a distância entre o último ramal e a parede (2 m), mais a altura do pé-direito da edificação (6 m) e mais o comprimento de tubulação até a VGA (15 m), de acordo com o isométrico mostrado na Figura 19. Totalizam-se, dessa forma, 50 metros de tubulação.

Quadro 21 – Comprimentos de tubulação de recalque

Quant.	Unidade	Conexão	L equiv (m)	L total (m)
8	peça	Tê passagem direta 75 mm	1,60	12,80
5	peça	Cotovelo 90° 75 mm	2,50	12,50
1	peça	Tê saída lateral 75mm	5,20	5,20

1	peça	VGA	14,00	14,00
1	peça	Registro gaveta aberto 75 mm	0,50	0,50
1	peça	Válvula de retenção vertical	9,70	9,70
50	m	Tubulação	---	50,00
TOTAL (m)				104,70

Fonte: a autora, 2016.

Dessa forma, a perda de carga no trecho é dada pela Equação 12:

$$J_{trecho} = J \times L_{trecho} \text{ (Equação 12)}$$

$$J_{trecho} = 0,023 \times 104,70 = 2,41 \text{ bar}$$

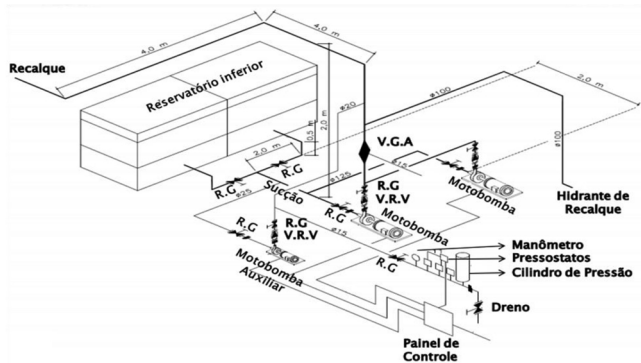
Agora, para o trecho de sucção, o diâmetro será de 100 mm, ou seja, o diâmetro comercial superior ao diâmetro da tubulação de recalque. Dessa forma, a perda de carga é estabelecida pela Equação 11:

$$J = \frac{6,05 \times 10^5 \times Q^{1,85}}{C^{1,85} \times D^{4,87}} \text{ (Equação 11)}$$

$$J = \frac{6,05 \times 10^5 \times 837,40^{1,85}}{100^{1,85} \times 100^{4,87}} = 0,0056 \text{ bar/m}$$

As conexões e os comprimentos considerados são mostrados no Quadro 22, de acordo com a Figura 19.

Figura 19 – Esquema do reservatório inferior e tubulação de sucção



Fonte: adaptada de Brentano, 2011.

Quadro 22 – Comprimentos de tubulação de sucção

Quant.	Unidade	Conexão	L equiv (m)	L total (m)
1	peça	Entrada de borda 100 mm	3,20	3,20
2	peça	Cotovelo 90° 100 mm	3,40	6,80
2	peça	Registro gaveta aberto 100 mm	0,50	1,00
1	peça	Tê saída lateral 100 mm	6,70	6,70
1	peça	Tê passagem direta 100 mm	2,10	2,10
4,50	m	Tubulação	---	4,50
TOTAL (m)				24,30

Fonte: a autora, 2016.

Assim, a perda de carga no trecho de sucção é estabelecida pela Equação 12:

$$J_{trecho} = J \times L_{trecho} \text{ (Equação 12)}$$

$$J_{trecho} = 0,0056 \times 24,30 = 0,14 \text{ bar}$$

Portanto, para o cálculo da perda de carga total no sistema, aplica-se a Equação 14:

$$H_{man} = H_g + P_c + J_{rec} + J_{suc} \text{ (Equação 14)}$$

$$H_{man} = 6 + 97 + 24,1 + 1,4 = 128,50 \text{ m}$$

No Quadro 23, encontram-se as informações reunidas do primeiro dimensionamento do sistema de chuveiros automáticos, ou seja, com a utilização do fator K = 61.

Quadro 23 – Memorial de cálculo – fator K = 61

Quadro 23 – Memorial de Cálculo – fator K = 61

MEMORIAL DE CÁLCULO														
Chuveiro	Trecho	Vazão		Diâmetro		Comprimento			Perda de carga		Desnível	Pressão		Fator K
		Chuveiro	Trecho	Calculado	Adotado	Real	Equivalente	Total	Unitária	Total		Pressão		
---	---	l/min	l/min	mm	mm	m	m	m	bar/m	bar	m	bar	mca	l/min.mca ^{1/2}
1		84,87	---	---	---	---	---	---	---	---	---	1,94	19,4	61
	1-2	---	84,87	22	25	4,6	0	4,6	0,0695	0,32	---	---	---	---
2		91,70	---	---	---	---	---	---	---	---	---	2,26	22,6	61
	2-3	---	176,57	31,7	32	4,6	0	4,6	0,081	0,37	---	---	---	---
3		98,93	---	---	---	---	---	---	---	---	---	2,63	26,3	61
	3-A	---	275,50	39,6	40	88,25	18,4	106,65	0,062	6,61	---	---	---	---
A		275,50	---	---	---	---	---	---	---	---	---	9,24	92,4	90,83
	A-B	---	275,50	39,6	40	4,5	0	4,5	0,062	0,28	---	---	---	---
B		279,63	---	---	---	---	---	---	---	---	---	9,52	95,2	90,63
	B-C	---	555,13	56,3	65	4,5	4,3	8,8	0,021	0,18	---	---	---	---
C		282,27	---	---	---	---	---	---	---	---	---	9,70	97,0	90,63
	C-VGA	---	837,40	69,1	75	50	54,7	104,7	0,023	2,41	6,0	---	---	---
MB		837,40	---	---	---	---	---	---	---	---	---	12,85	128,5	---
suc		---	837,40	---	100	4,5	19,8	24,3	0,00618	0,15	---	---	---	---

Fonte: a autora, 2016.

Fonte: a autora, 2016.

Consequentemente, as características requeridas da bomba serão: pressão de 128,50 m e vazão de 837,4 l/min (50,24 m³/h).

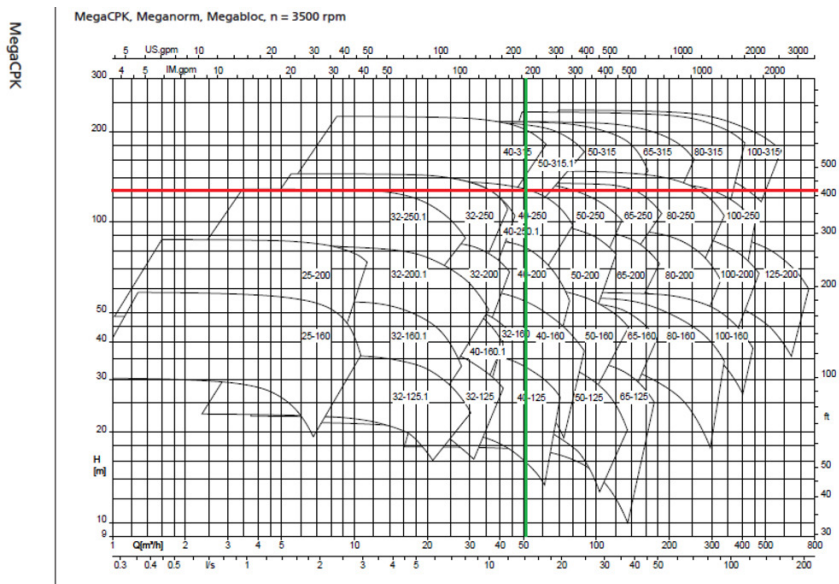
Buscando-se em catálogos de fabricantes, a bomba principal escolhida foi a da KSB – Mega CPK, conforme dados do Quadro 24, bem como gráficos do fabricante na Figura 20 e na Figura 21.

Quadro 24 – Características da bomba principal 1

Bomba PRINCIPAL – KSB – Mega CPK	
Tamanho	40-250
RPM	3500 rpm
Diâmetro do rotor	260 mm
Potência	42 hp
Vazão	51 m³/h
Altura manométrica	130 mca

Fonte: a autora, 2016.

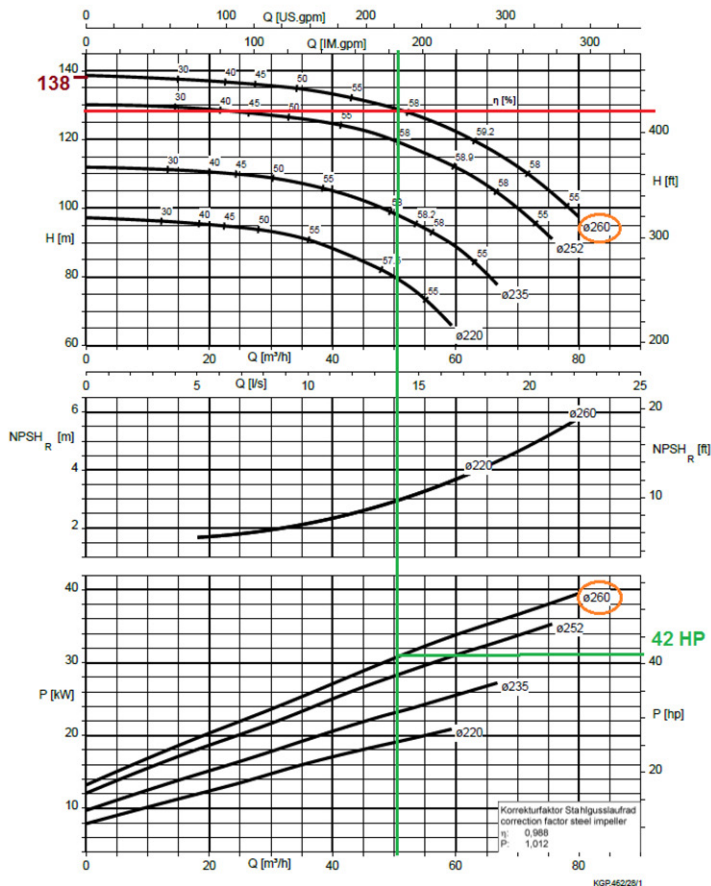
Figura 20 – Bombas KSB Megabloc – 3500 rpm



Fonte: adaptada de KSB, 2015.

Figura 21 – Bombas KSB Megabloc – 065-040-250

MegaCPK 065-040-250, $n = 3.500$ rpm
Meganorm, Megabloc



Fonte: adaptada de KSB, 2015.

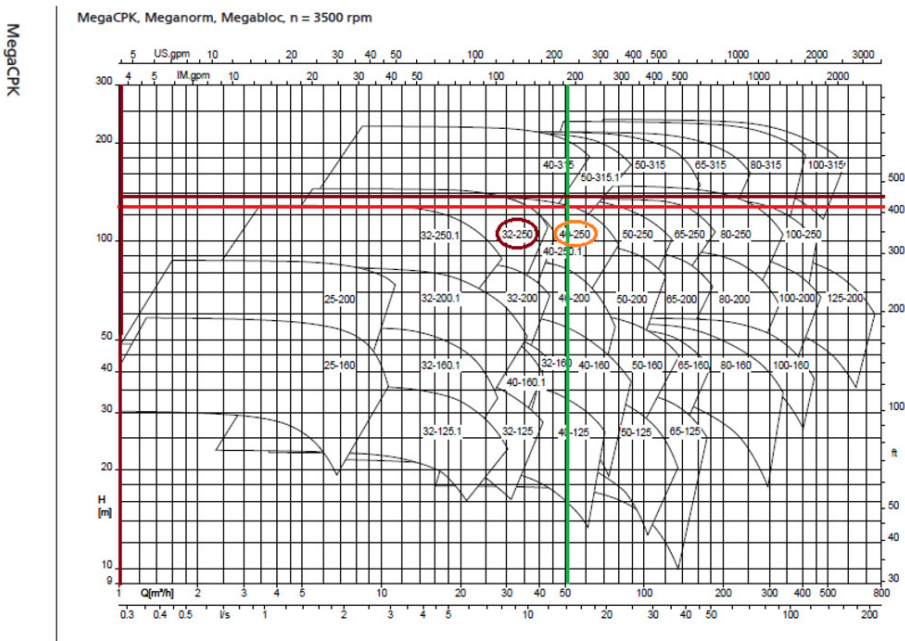
A partir dessas informações, a bomba auxiliar de pressurização foi escolhida, conforme dados do Quadro 25, bem como gráficos do fabricante na Figura 22 e na Figura 23.

Quadro 25 – Características da bomba auxiliar 1

Bomba AUXILIAR – KSB – Mega CPK	
Tamanho	32-250
RPM	3500 rpm
Diâmetro do rotor	261 mm
Potência	15 hp
Vazão	1,2 m³/h
Altura manométrica	145 mca

Fonte: a autora, 2016.

Figura 22 – Bombas KSB Megabloc – 3500 rpm

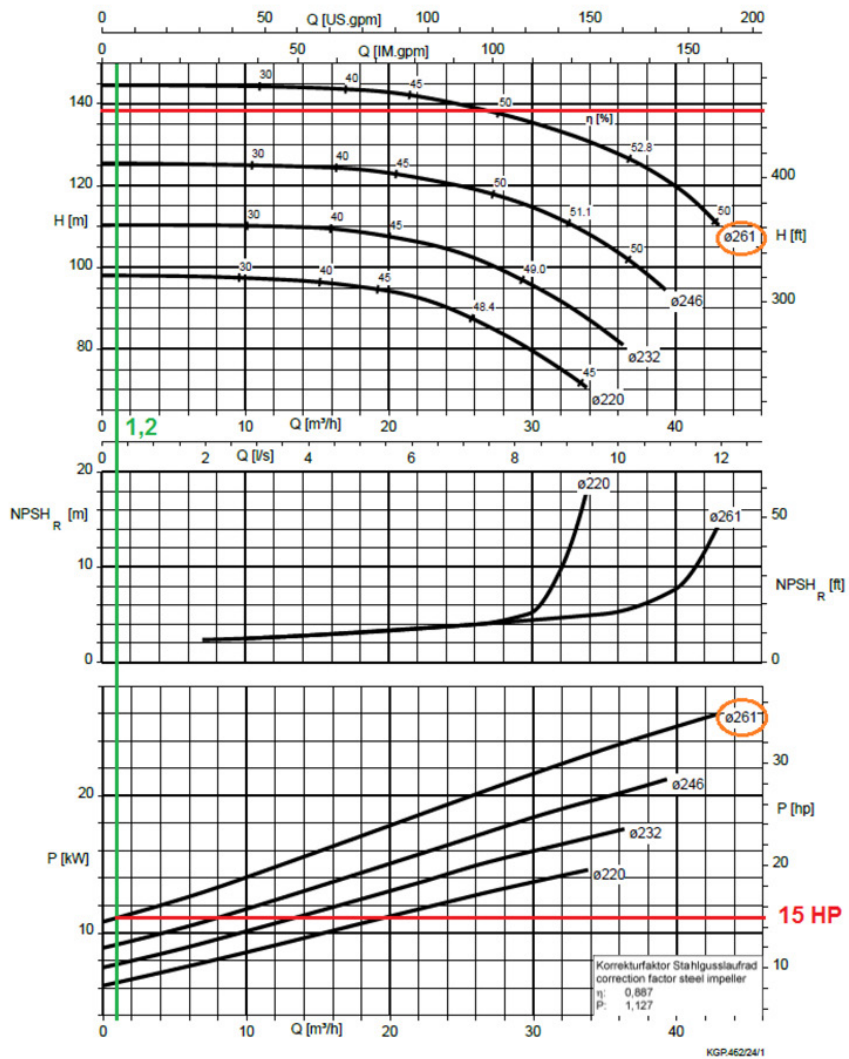


Fonte: adaptada de KSB, 2015.

Figura 23 – Bombas KSB Megabloc – 050-032-250

MegaCPK 050-032-250, $n = 3.500$ rpm

Meganorm, Megabloc



Fonte: adaptada de KSB, 2015.

3.2.13.10 Volume do reservatório

Como a edificação em questão é risco leve, o tempo de funcionamento do sistema dimensionado deve ser de 30 minutos. Dessa forma, o volume do reservatório é calculado pela Equação 19:

$$V = Q_{bomba} \times t \text{ (Equação 19)}$$

$$V = 837,40 \times 30 = 25.122 \text{ litros} \cong 25,2 \text{ m}^3$$

3.2.14 Segundo dimensionamento – fator $K = 80$

3.2.14.1 Determinação do fator de descarga

Como o diâmetro nominal da rosca é DN 15, de acordo com o Quadro 26 da NBR 10897:2014, vários valores de fator K podem ser utilizados no dimensionamento.

Agora, para o dimensionamento proposto, foi utilizado o fator $K = 80$.

Quadro 26 – Identificação das características de descarga 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: adaptado de ABNT, 2014.

A partir desse item, o dimensionamento dos componentes do sistema de chuveiros automáticos segue o mesmo procedimento apresentado na primeira tentativa de cálculo, anteriormente mostrada.

Dessa forma, no Quadro 27, encontram-se as informações resumidas do dimensionamento obtido para essa tentativa.

Quadro 27 – Memorial de cálculo – fator K = 80

MEMORIAL DE CÁLCULO														
Chuveiro	Trecho	Vazão		Diâmetro		Comprimento			Perda de carga		Desnível	Pressão		Fator K
		Chuveiro	Trecho	Calculado	Adotado	Real	Equivalente	Total	Unitária	Total		Pressão		
---	---	l/min	l/min	mm	mm	m	m	m	bar/m	bar	m	bar	mca	l/min.mca ^{1/2}
1		84,87	---	---	---	---	---	---	---	---	---	1,13	11,3	80
	1-2	---	84,87	22	25	4,6	0	4,6	0,0695	0,32	---	---	---	---
2		96,33	---	---	---	---	---	---	---	---	---	1,45	14,5	80
	2-3	---	181,20	32,1	32	4,6	0	4,6	0,085	0,39	---	---	---	---
3		108,52	---	---	---	---	---	---	---	---	---	1,84	18,4	80
	3-A	---	289,72	40,6	50	88,25	22,6	110,85	0,023	2,25	---	---	---	---
A		289,72	---	---	---	---	---	---	---	---	---	4,39	43,9	138,28
	A-B	---	289,72	40,6	50	4,5	0	4,5	0,023	0,10	---	---	---	---
B		293,01	---	---	---	---	---	---	---	---	---	4,49	44,9	138,28
	B-C	---	582,73	57,6	65	4,5	4,3	8,8	0,0234	0,21	---	---	---	---
C		299,78	---	---	---	---	---	---	---	---	---	4,70	47,0	138,28
	C-VGA	---	882,51	70,9	75	50	54,7	104,7	0,025	2,62	6,0	---	---	---
MB		882,51	---	---	---	---	---	---	---	---	---	8,07	80,7	---
suc		---	882,51	---	100	4,5	19,8	24,3	0,00618	0,15	---	---	---	---

Fonte: a autora, 2016.

Fonte: a autora, 2016.

Consequentemente, as características requeridas da bomba serão: pressão de 80,70 m e vazão de 882,51 l/min (52,95 m³/h).

Buscando-se em catálogos de fabricantes, a bomba principal escolhida foi a da KSB – Mega CPK, conforme dados do Quadro 28, bem como gráficos do fabricante na Figura 24 e na Figura 25.

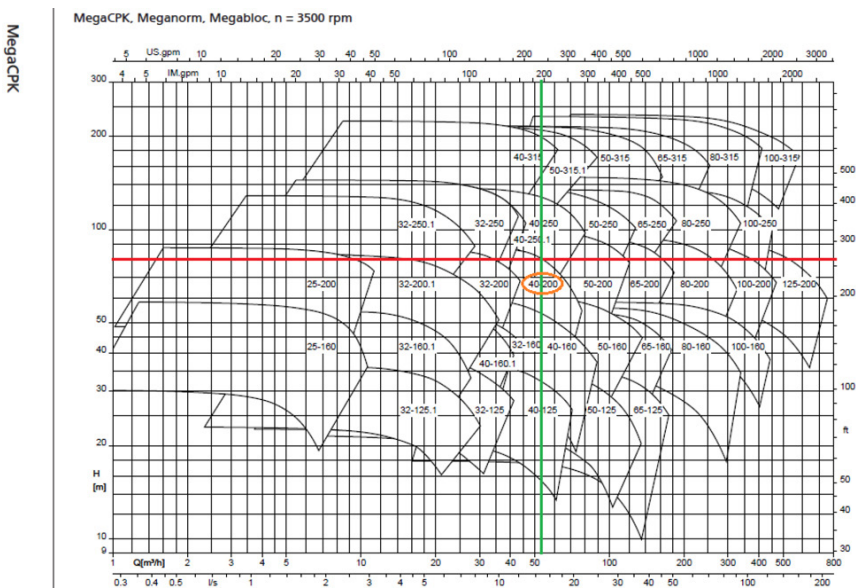
Quadro 28 – Características da bomba principal 2

Bomba PRINCIPAL –KSB – Mega CPK	
Tamanho	40-200
RPM	3500 rpm

Diâmetro do rotor	209 mm
Potência	23 hp
Vazão	53 m ³ /h
Altura manométrica	81 mca

Fonte: a autora, 2016.

Figura 24 – Bombas KSB Megabloc – 3500 rpm

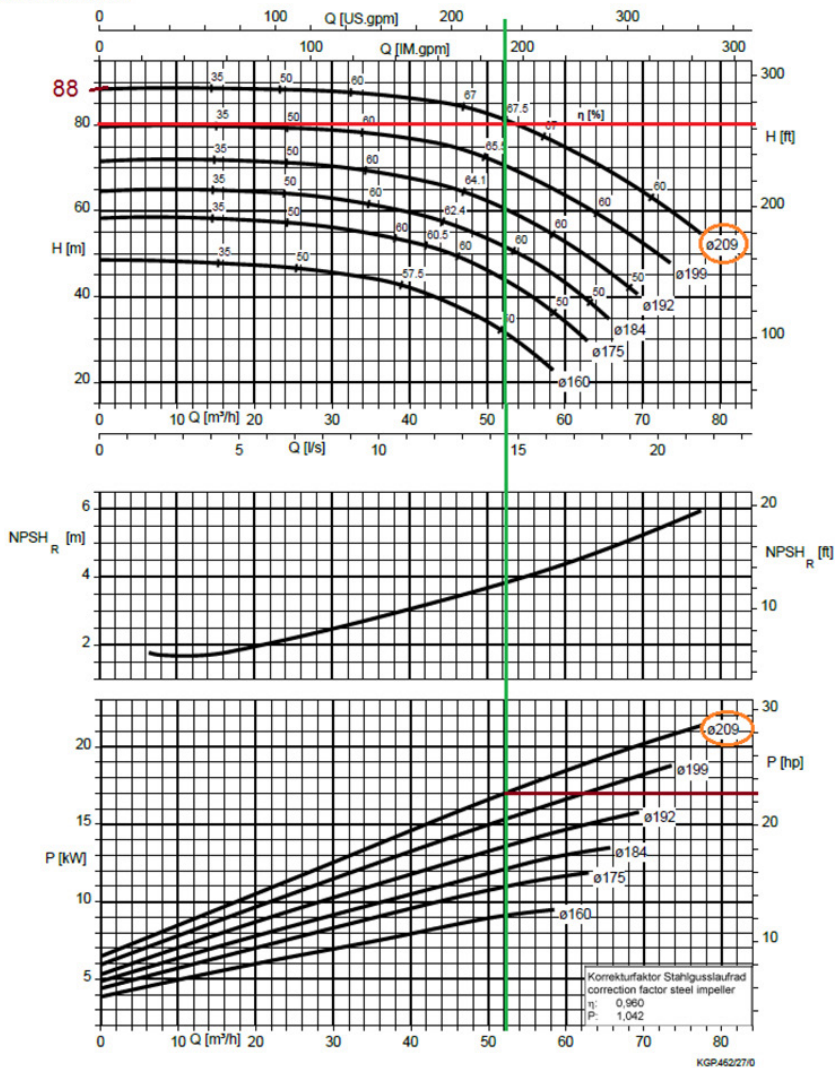


Fonte: adaptada de KSB, 2015.

Figura 25 – Bombas KSB Megabloc – 065-040-200

MegaCPK 065-040-200, $n = 3.500$ rpm

Meganorm, Megabloc



Fonte adaptada de KSB, 2015.

A partir dessas informações, a bomba auxiliar de pressurização foi escolhida, conforme dados do Quadro 29, bem como gráficos do fabricante na Figura 26 e na Figura 27.

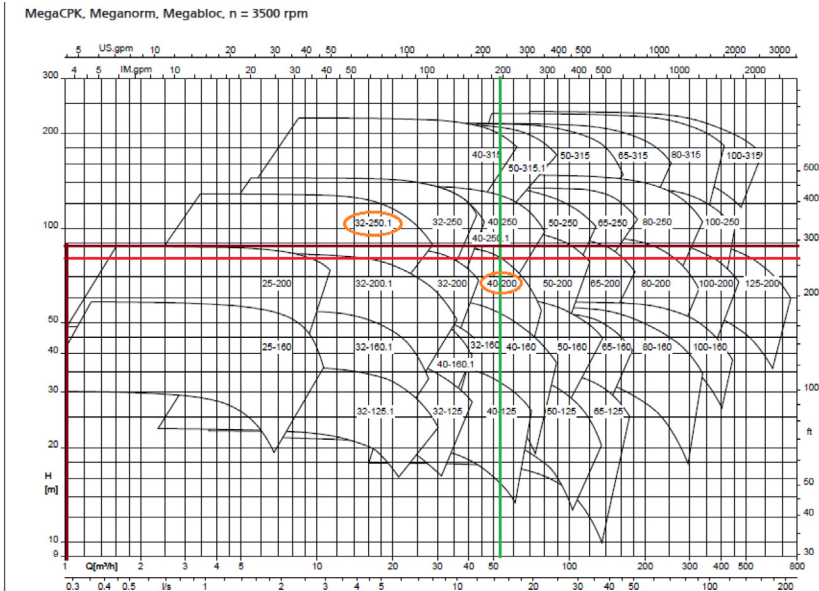
Quadro 29 – Características da bomba auxiliar 2

Bomba AUXILIAR – KSB – Mega CPK	
Tamanho	32-250.1
RPM	3500 rpm
Diâmetro do rotor	220 mm
Potência	8,5 hp
Vazão	1,2 m ³ /h
Altura manométrica	88 mca

Fonte: a autora, 2016.

Figura 26 – Bombas KSB Megabloc – 3500 rpm

MegaCPK

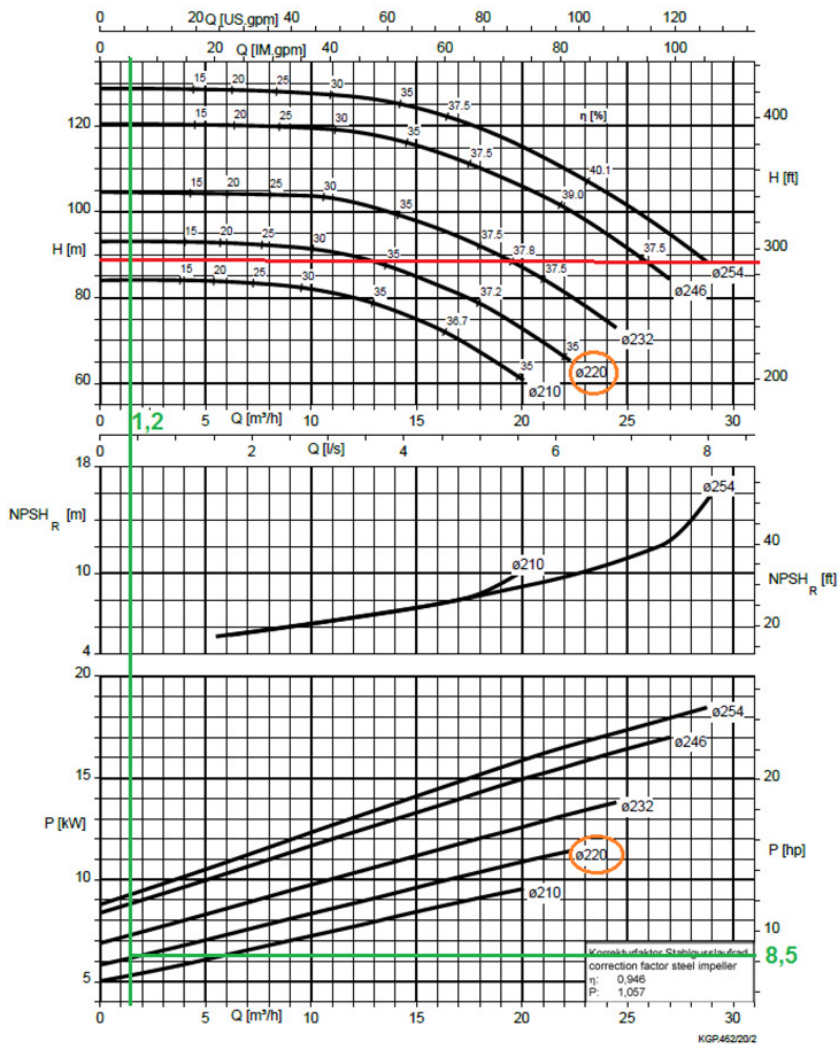


Fonte: adaptada de KSB, 2015.

Figura 27 – Bombas KSB Megabloc – 050-032-250.1

MegaCPK 050-032-250.1, $n = 3.500$ rpm

Meganorm, Megabloc



Fonte: adaptada de KSBI 2015.

3.2.14.2 Volume do reservatório

Como a edificação em questão é risco leve, o tempo de funcionamento do sistema dimensionado deve ser de 30 minutos; para tanto, o volume é estabelecido pela Equação 19:

$$V = Q_{bomba} \times t \text{ (Equação 19)}$$

$$V = 882,51 \times 30 = 26.475,3 \text{ litros} \cong 26,5 \text{ m}^3$$

3.2.15 Terceiro dimensionamento – fator $K = 115$

3.2.15.1 Determinação do fator de descarga

Como o diâmetro nominal da rosca é DN 15, de acordo com o Quadro 30 da NBR 10897:2014, vários valores de fator K podem ser utilizados no dimensionamento.

Dessa vez, para o dimensionamento proposto, foi utilizado o fator $K = 115$.

Quadro 30 – Identificação das características de descarga 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: adaptado de ABNT, 2014.

A partir desse item, o dimensionamento dos componentes do sistema de chuveiros automáticos segue o mesmo procedimento apresentado na primeira tentativa de cálculo, anteriormente mostrada.

Dessa forma, no Quadro 31, encontram-se as informações resumidas do dimensionamento obtido para essa tentativa.

Quadro 31 – Memorial de cálculo – fator K = 115

MEMORIAL DE CÁLCULO														
Chuveiro	Trecho	Vazão		Diâmetro		Comprimento			Perda de carga		Desnível	Pressão		Fator K
		Chuveiro	Trecho	Calculado	Adotado	Real	Equivalente	Total	Unitária	Total		Pressão		
---	---	l/min	l/min	mm	mm	m	m	m	bar/m	bar	m	bar	mca	l/min.mca ^{1/2}
1		84,87	---	---	---	---	---	---	---	---	---	0,54	5,4	115
	1-2	---	84,87	22	25	4,6	0	4,6	0,0695	0,32	---	---	---	---
2		106,65	---	---	---	---	---	---	---	---	---	0,86	8,6	115
	2-3	---	191,52	33,1	40	4,6	0	4,6	0,0318	0,15	---	---	---	---
3		115,57	---	---	---	---	---	---	---	---	---	1,01	10,1	115
	3-A	---	307,09	41,9	50	88,25	22,6	110,85	0,0257	2,85	---	---	---	---
A		307,09	---	---	---	---	---	---	---	---	---	3,86	38,6	156,30
	A-B	---	307,09	41,9	50	4,5	0	4,5	0,0257	0,12	---	---	---	---
B		311,82	---	---	---	---	---	---	---	---	---	3,98	39,8	156,30
	B-C	---	618,91	59,4	65	4,5	4,3	8,8	0,0261	0,23	---	---	---	---
C		320,70	---	---	---	---	---	---	---	---	---	4,21	42,10	156,30
	C-VGA	---	939,61	73,2	75	50	54,7	104,7	0,0282	2,95	6,0	---	---	---
MB		939,61	---	---	---	---	---	---	---	---	---	7,93	79,30	---
suc		---	939,61	---	100	4,5	19,8	24,3	0,00695	0,17	---	---	---	---

Fonte: a autora, 2016.

Fonte: a autora, 2016.

Consequentemente, as características requeridas da bomba serão: pressão de 79,30 m e vazão de 939,61 l/min (56,38 m³/h).

Buscando-se em catálogos de fabricantes, a bomba principal escolhida foi a da KSB – Mega CPK, conforme dados do Quadro 32, bem como gráficos do fabricante na Figura 28 e na Figura 29.

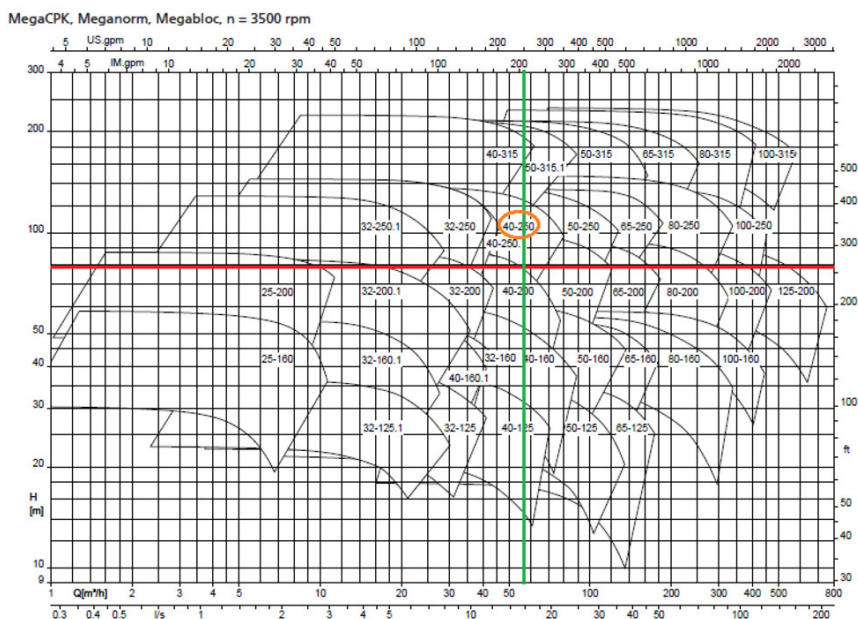
Quadro 32 – Características da bomba principal 3

Bomba PRINCIPAL – KSB – Mega CPK	
Tamanho	40-250

RPM	3500 rpm
Diâmetro do rotor	235 mm
Potência	34 hp
Vazão	57 m³/h
Altura manométrica	80 mca

Fonte: a autora, 2016.

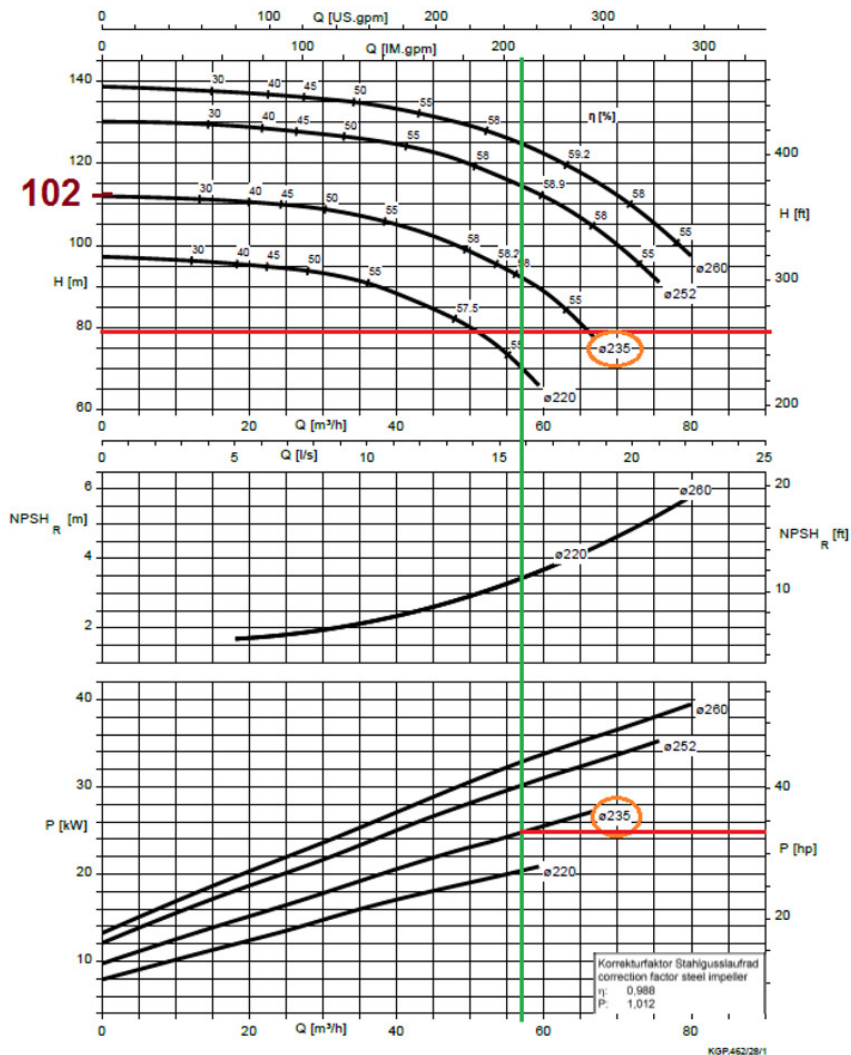
Figura 28 – Bombas KSB Megabloc – 3500 rpm



Fonte: adaptada de KSB, 2015.

Figura 29 – Bombas KSB Megabloc – 065-040-250

MegaCPK 065-040-250, n = 3.500 rpm
Meganorm, Megabloc



Fonte: adaptada de KSB, 2015.

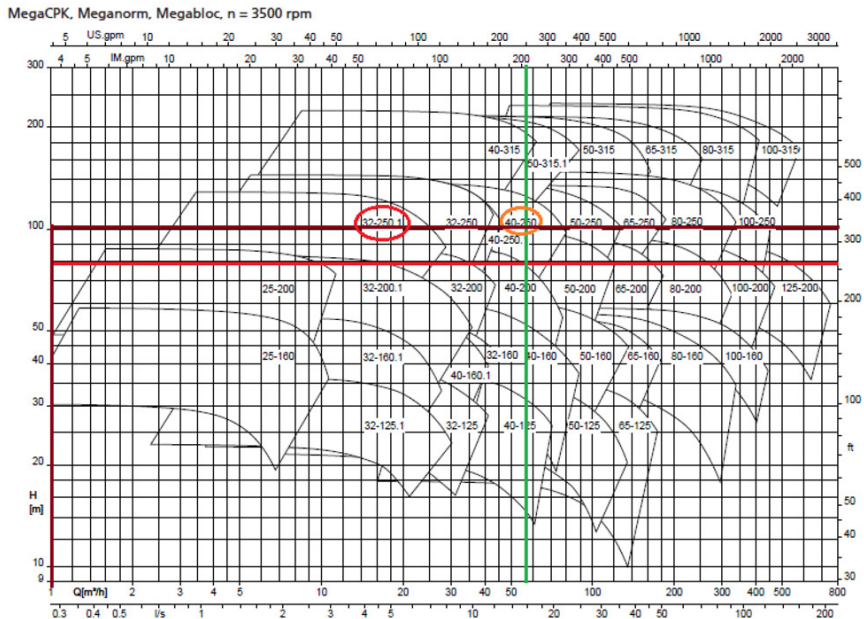
A partir dessas informações, a bomba auxiliar de pressurização foi escolhida, conforme dados do Quadro 33, bem como gráficos do fabricante na Figura 30 e na Figura 31.

Quadro 33 – Características da bomba auxiliar 3

Bomba AUXILIAR – KSB – Mega CPK	
Tamanho	32-250.1
RPM	3500 rpm
Diâmetro do rotor	232 mm
Potência	10 hp
Vazão	1,2 m³/h
Altura manométrica	102 mca

Fonte: a autora, 2016.

Figura 30 – Bombas KSB Megabloc – 3500 rpm

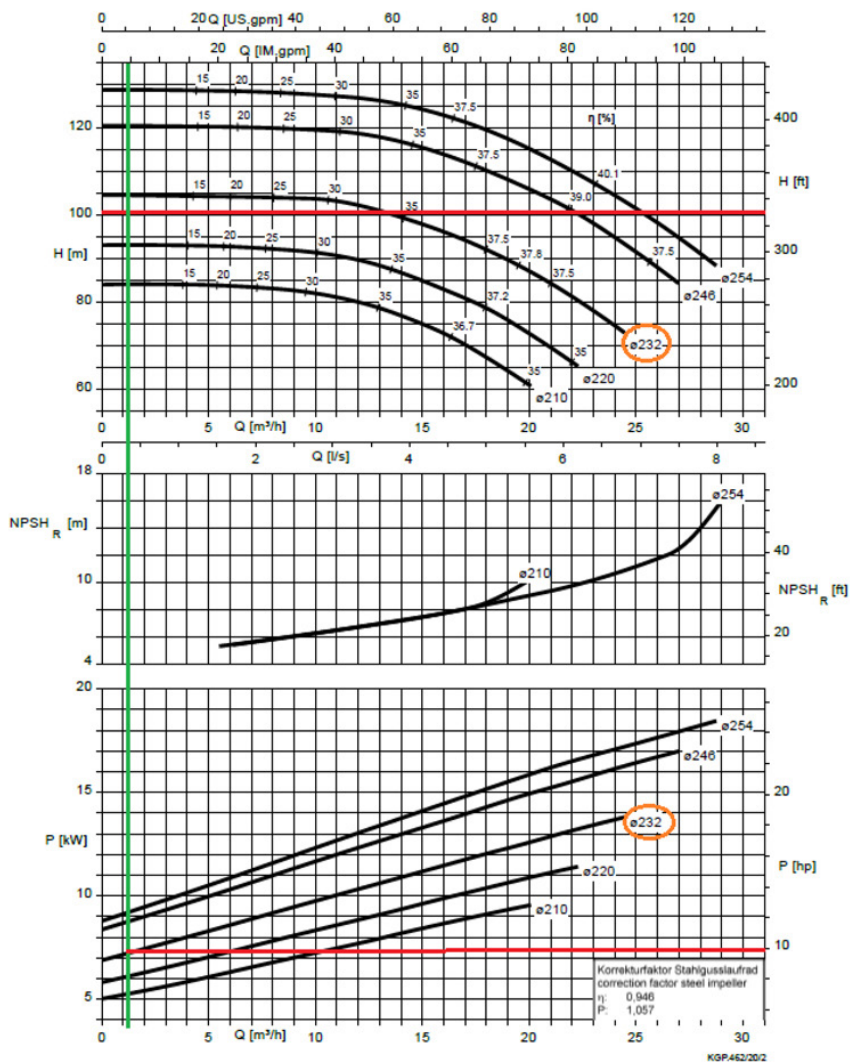


Fonte: adaptada de KSB, 2015.

Figura 31 – Bombas KSB Megabloc – 050-032-250.1

MegaCPK 050-032-250.1, $n = 3.500$ rpm

Meganorm, Megabloc



Fonte: adaptada de KSB, 2015.

3.2.15.2 Volume do reservatório

Como a edificação em questão é risco leve, o tempo de funcionamento do sistema dimensionado deve ser de 30 minutos. Assim, o volume da reserva dá-se pela Equação 19:

$$V = Q_{bomba} \times t \text{ (Equação 19)}$$

$$V = 939,61 \times 30 = 28.188,30 \text{ litros} \cong 28,2 \text{ m}^3$$

3.2.16 Quarto dimensionamento – fator $K = 161$

3.2.16.1 Determinação do fator de descarga

Como o diâmetro nominal da rosca é DN 15, de acordo com o Quadro 34 da NBR 10897:2014, vários valores de fator K podem ser utilizados no dimensionamento.

Dessa vez, para o dimensionamento proposto, foi utilizado o fator $K = 161$.

Quadro 34 – Identificação das características de descarga 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: adaptado de ABNT, 2014.

A partir desse item, o dimensionamento dos componentes do sistema de chuveiros automáticos segue o mesmo procedimento apresentado na primeira tentativa de cálculo, anteriormente mostrada.

Dessa forma, no Quadro 35, encontram-se as informações resumidas do dimensionamento obtido para essa tentativa.

Quadro 35 – Memorial de cálculo – fator K = 161

MEMORIAL DE CÁLCULO														
Chuveiro	Trecho	Vazão		Diâmetro		Comprimento			Perda de carga		Desnível	Pressão		Fator K
		Chuveiro	Trecho	Calculado	Adotado	Real	Equivalente	Total	Unitária	Total		Pressão		
---	---	l/min	l/min	mm	mm	m	m	m	bar/m	bar	m	bar	mca	l/min.mca ^{1/2}
1		84,87	---	---	---	---	---	---	---	---	---	0,28	2,8	161
	1-2	---	84,87	22	25	4,6	---	4,6	0,0695	0,32	---	---	---	---
2		124,71	---	---	---	---	---	---	---	---	---	0,60	6,0	161
	2-3	---	209,58	34,6	40	4,6	---	4,6	0,0375	0,17	---	---	---	---
3		141,28	---	---	---	---	---	---	---	---	---	0,77	7,7	161
	3-A	---	350,86	44,7	50	88,25	22,6	110,85	0,0328	3,64	---	---	---	---
A		350,86	---	---	---	---	---	---	---	---	---	4,41	44,1	167,08
	A-B	---	350,86	44,7	50	4,5	---	4,5	0,0328	0,15	---	---	---	---
B		356,79	---	---	---	---	---	---	---	---	---	4,56	45,6	167,08
	B-C	---	707,65	63,5	65	4,5	4,3	8,8	0,0335	0,29	---	---	---	---
C		367,96	---	---	---	---	---	---	---	---	---	4,85	48,5	167,08
	C-VGA	---	1.075,6	78,2	100	50	71,1	121,1	0,0089	1,08	6,0	---	---	---
MB		1.075,6	---	---	---	---	---	---	---	---	---	6,62	66,2	---
suc		---	1.075,6	---	125	4,5	25,3	29,8	0,00301	0,09	---	---	---	---

Fonte: a autora, 2016.

Fonte: a autora, 2016.

Consequentemente, as características requeridas da bomba serão: pressão de 66,20 m e vazão de 1.075,60 l/min (64,54 m³/h).

Buscando-se em catálogos de fabricantes, a bomba principal escolhida foi a da KSB – Mega CPK, conforme dados do Quadro 36, bem como gráficos do fabricante na Figura 32 e Figura 33.

Quadro 36 – Características da bomba principal 4

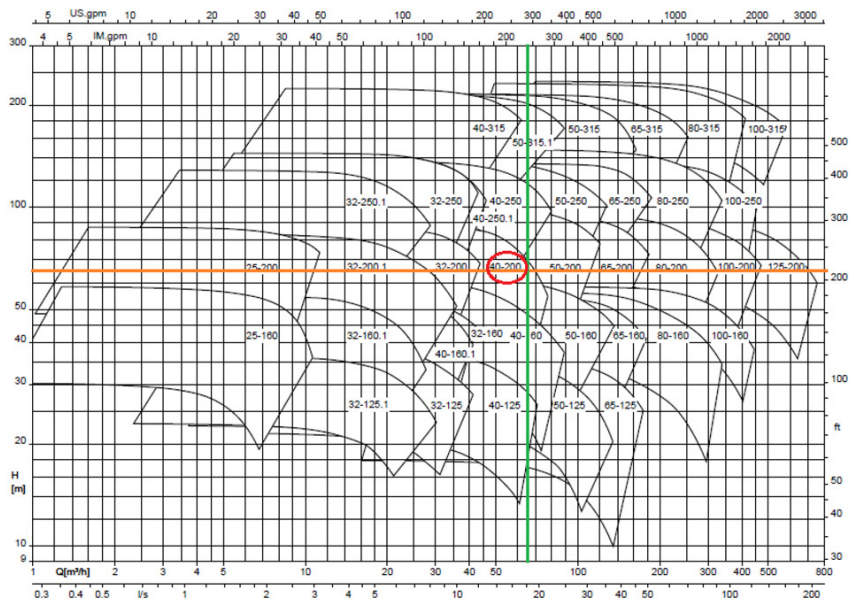
Bomba PRINCIPAL – KSB – Mega CPK

Tamanho	40-200
RPM	3500 rpm
Diâmetro do rotor	209 mm
Potência	26 hp
Vazão	65 m³/h
Altura manométrica	67 mca

Fonte: a autora, 2016.

Figura 32 – Bombas KSB Megabloc – 3500 rpm

MegaCPK, Meganorm, Megabloc, n = 3500 rpm

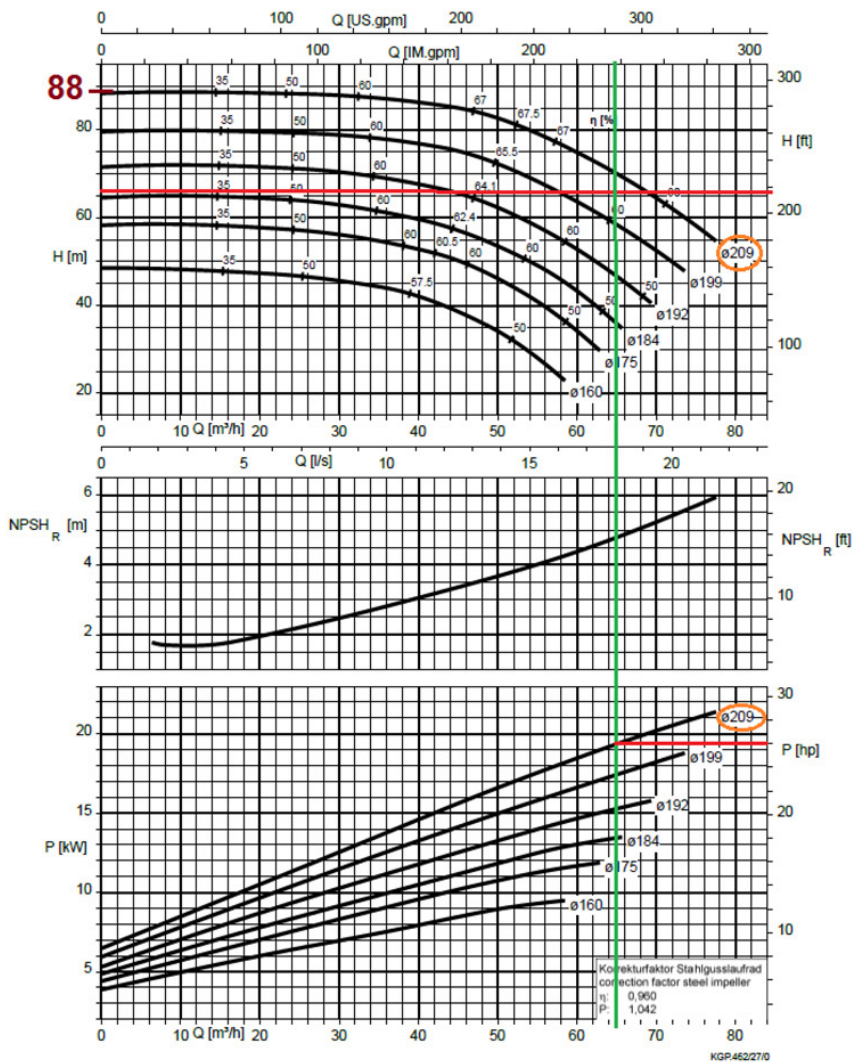


Fonte: adaptada de KSB, 2015.

Figura 33 – Bombas KSB Megabloc – 065-040-200

MegaCPK 065-040-200, $n = 3.500$ rpm

Meganorm, Megabloc



Fonte: adaptada de KSB, 2015.

A partir dessas informações, a bomba auxiliar de pressurização foi escolhida, conforme dados do Quadro 37, bem como gráficos do fabricante na Figura 34 e na Figura 35.

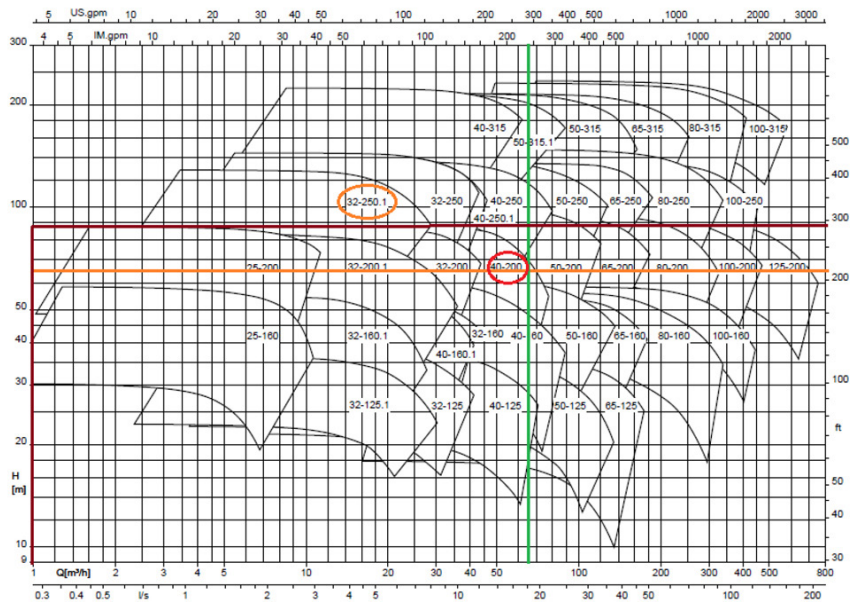
Quadro 37 – Características da bomba auxiliar 4

Bomba AUXILIAR – KSB – Mega CPK	
Tamanho	32-250.1
RPM	3500 rpm
Diâmetro do rotor	220 mm
Potência	8 hp
Vazão	1,2 m³/h
Altura manométrica	88 mca

Fonte: a autora, 2016.

Figura 34 – Bombas KSB Megabloc – 3500 rpm

MegaCPK, Meganorm, Megabloc, n = 3500 rpm

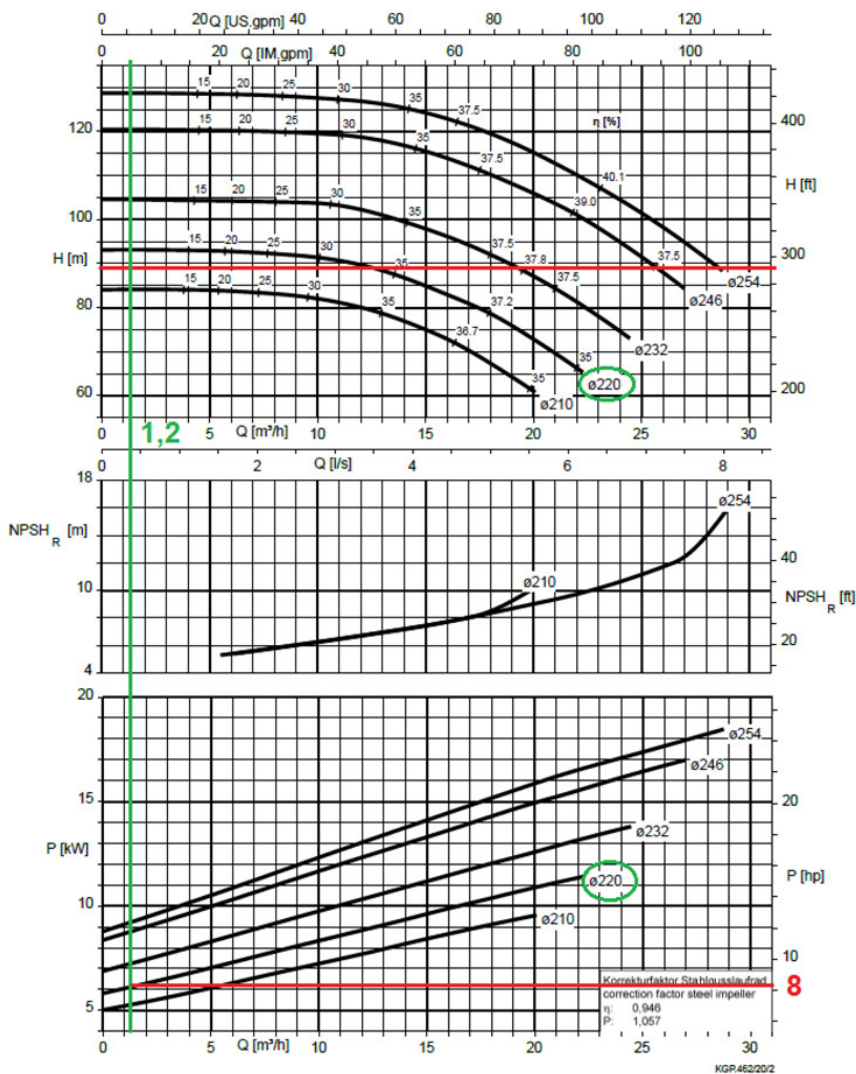


Fonte: adaptada de KSB, 2015.

Figura 35 – Bombas KSB Megabloc – 050-032-250.1

MegaCPK 050-032-250.1, $n = 3.500$ rpm

Meganorm, Megabloc



Fonte: adaptada de KSB, 2015.

3.2.16.2 Volume do reservatório

Como a edificação em questão é risco leve, o tempo de funcionamento do sistema dimensionado deve ser de 30 minutos, calculando-se o volume da reserva com a Equação 19:

$$V = Q_{bomba} \times t \text{ (Equação 19)}$$

$$V = 1.075,61 \times 30 = 32.268,30 \text{ litros} \cong 32,3 \text{ m}^3$$

3.3 ANÁLISE DE RESULTADOS

Com base nos dimensionamentos apresentados, os dados obtidos serão apresentados com o propósito de compará-los e analisar o resultado que representa a melhor proporção entre vazão e pressão.

Dessa forma, os dimensionamentos ficam assim identificados, de acordo com o fator K atribuído:

- K 61 = dimensionamento 1;
- K 80 = dimensionamento 2;
- K 115 = dimensionamento 3;
- K 161 = dimensionamento 4.

À vista disso, a primeira comparação é a da vazão obtida nos chuveiros e nos trechos de tubulação, conforme o Quadro 38.

Quadro 38 – Comparação das vazões

Vazão (l/min)					
Chuveiro	Trecho	Dimensionamento			
		1	2	3	4
1	---	84,87	84,87	84,87	84,87
---	1-2	84,87	84,87	84,87	84,87
2	---	91,70	96,33	106,65	124,71
---	2-3	176,57	181,20	191,52	209,58
3	---	98,93	108,52	115,57	141,28
---	3-A	275,50	289,72	307,09	350,86

A	---	275,50	289,72	307,09	350,86
---	A-B	275,50	289,72	307,09	350,86
B	---	279,63	293,01	311,82	356,79
---	B-C	555,13	582,73	618,91	707,65
C	---	282,27	299,78	320,70	367,96
---	C-VGA	837,40	882,51	939,61	1.075,60

Fonte: a autora, 2016.

A vazão inicial é a mesma para todos os dimensionamentos, porque, de acordo com a Equação 9 a seguir, depende da área de operação e da densidade. Esses valores são constantes para todos os dimensionamentos, pois dependem das características da edificação e da classificação de risco.

$$Q = \text{densidade} \times \text{área de cobertura (Equação 9)}$$

A partir da vazão inicial, os próximos valores de vazão dependem do fator K atribuído ao dimensionamento.

De acordo com a tabela apresentada, percebe-se que o dimensionamento 1, detentor do menor valor do fator K, revela os menores montantes de vazão. Visto que o fator K é o fator de vazão, quanto menor o valor escolhido para ele, menores serão as vazões encontradas, assim os maiores resultados encontrados foram no dimensionamento 4, maior fator K atribuído.

A análise seguinte, no Quadro 39, mostra a comparação entre os diâmetros das tubulações dos trechos considerados do sistema. Assim, exibem-se os diâmetros calculados e os diâmetros comerciais adotados.

Quadro 39 – Comparação dos diâmetros de tubulações

Quadro 39 – Comparação dos diâmetros de tubulações								
Trecho	Diâmetro (mm)							
	Dimensionamento							
	1		2		3		4	
	Calculado	Adotado	Calculado	Adotado	Calculado	Adotado	Calculado	Adotado
1-2	22	25	22	25	22	25	22	25
2-3	31,7	32	32,1	32	33,1	40	34,6	40
3-A	39,6	40	40,6	50	41,9	50	44,7	50
A-B	39,6	40	40,6	50	41,9	50	44,7	50
B-C	56,3	65	57,6	65	59,4	65	63,5	65
C-VGA	69,1	75	70,9	75	73,2	75	78,2	100
sucção	---	100	---	100	---	100	---	125

Fonte: a autora, 2016.

Fonte: a autora, 2016.

Foram apresentados os diâmetros calculados para melhor visualização dos resultados, pois em muitos casos eles levam a igual diâmetro comercial adotado, face ao pouco aumento dos valores.

Diante disso, nota-se novamente que o dimensionamento 1, com o menor fator K considerado, resultou nos menores diâmetros.

Observando-se a Equação 10 na sequência, a qual se utiliza para encontrar o diâmetro das tubulações, nota-se que sua única variável é a vazão. Dessa forma, esses resultados são consequência dos resultados anteriores de vazão.

$$D = 2,388 \cdot \sqrt{Q} \text{ (Equação 10)}$$

No dimensionamento 2, apenas o trecho 3-A teve diâmetro maior em relação ao dimensionamento 1; no geral, os valores são muito próximos.

A próxima grandeza a ser comparada diz respeito à perda de carga nos trechos de tubulação, como mostra o Quadro 40.

Quadro 40 – Comparação das perdas de carga na tubulação

Perda de carga (bar)				
Trecho	Dimensionamento			
	1	2	3	4
1-2	0,32	0,32	0,32	0,32
2-3	0,37	0,39	0,15	0,17
3-A	6,61	2,25	2,85	3,64
A-B	0,28	0,10	0,12	0,15
B-C	0,18	0,21	0,23	0,29
C-VGA	2,41	2,62	2,95	1,08
sucção	0,15	0,15	0,17	0,09

Fonte: a autora, 2016.

Percebe-se que, em relação à perda de carga nos trechos de tubulação, não há padrão em relação ao fator K escolhido, já que os menores valores encontrados são parte de todos os dimensionamentos.

Para o cálculo da perda de carga, utiliza-se a Equação de Hazen-Williams, a Equação 11.

$$J = \frac{6,05 \times 10^5 \times Q^{1,85}}{C^{1,85} \times D^{4,87}} \text{ (Equação 11)}$$

Assim, percebe-se que os resultados dependem de duas variáveis: vazão e diâmetro, visto que o coeficiente C (rugosidade do material da tubulação, ferro fundido, no caso) é o mesmo para todos os dimensionamentos. Dessa forma, as vazões menores encontradas foram no dimensionamento 1, mas, devido aos diâmetros calculados impactarem nesse resultado, os valores da tabela não seguiram um padrão.

Por exemplo, no trecho 2-3, o dimensionamento 3 resultou em menor perda de carga. Isto se justifica no Quadro 39, pois exatamente nesse trecho o diâmetro adotado passou para 40 mm. Assim, como o valor calculado ultrapassou pouco o diâmetro de 32 mm, percebe-se que, adotando o diâmetro de 40 mm apresenta-se certa reserva, fazendo com que o fluido escoe por essa tubulação com menor perda de carga em dada vazão. Fato que se repete nos demais valores mostrados em evidência no mesmo quadro.

Na sequência do dimensionamento, tem-se como comparação os valores obtidos para as pressões nos chuveiros, como expõe o Quadro 41.

Quadro 41 – Comparação das pressões nos chuveiros

Chuveiro	Pressão (mca)			
	Dimensionamento			
	1	2	3	4
1	19,4	11,3	5,4	2,8
2	22,6	14,5	8,6	6,0
3	26,3	18,4	10,1	7,7
A	92,4	43,9	38,6	44,1
B	95,2	44,9	39,8	45,6
C	97,0	47,0	42,1	48,5
MB	128,5	80,7	79,3	66,2

Fonte: a autora, 2016.

Para o cálculo das pressões nos chuveiros iniciais, utiliza-se a Equação 1:

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

Nota-se que, como a vazão inicial é a mesma para todos os dimensionamentos, o fator K interfere no valor da pressão inicial obtida. Dessa forma, se o fator K é maior, a pressão diminui, como pode ser observado na fórmula anterior. Para as pressões seguintes, são somadas as perdas de carga dos trechos da tubulação. Fato que justifica os menores valores das pressões iniciais no dimensionamento 4. Isso também se aplica ao se observar os resultados do dimensionamento 1, os quais são os maiores valores.

Percebe-se ainda que os valores dos dimensionamentos 2, 3 e 4 ficaram próximos, comparando-se ao dimensionamento 1.

Com os valores de pressão e vazão do sistema, chega-se aos valores de comparação das bombas principais obtidas para os sistemas, como mostra o Quadro 42.

Quadro 42 – Comparação das bombas principais KSB

Bombas principais				
Características	Dimensionamento			
	1	2	3	4
Tamanho	40-250	40-200	40-250	40-200
RPM	3500 rpm	3500 rpm	3500 rpm	3500 rpm
Diâmetro do rotor	260 mm	209 mm	260 mm	209 mm
Potência	42 hp	23 hp	34 hp	26 hp
Vazão	51 m ³ /h	53 m ³ /h	57 m ³ /h	65 m ³ /h
Altura manométrica	130 mca	81 mca	80 mca	67 mca

Fonte: a autora, 2016.

Para encontrar a bomba principal que seja adequada ao sistema, busca-se o modelo comercial que atenda à pressão e à vazão necessárias. Ou seja, lembrando-se dos quadros comparados anteriormente, o dimensionamento 1 tinha a menor vazão, enquanto o dimensionamento 4 detinha a menor pressão requerida. Fatos que se repetem no quadro de comparação das bombas.

Entretanto, se a vazão do sistema é menor (menor fator K), a altura manométrica é muito superior, como se pode notar nos resultados da bomba para o dimensionamento 1. Assim, a potência da bomba 1 foi a maior encontrada.

Do outro lado, se a pressão é menor, como no dimensionamento 4, a vazão é grande (fator K maior). A potência da bomba não aumenta muito, porque a pressão necessária não é grande.

Pode-se observar que a menor potência de bomba necessária foi a do dimensionamento 2, com fator K 80, mesmo não se encontrando nesse dimensionamento os menores valores para pressão e vazão.

Na sequência, como complementação, tem-se no Quadro 43 os resultados obtidos para as bombas auxiliares do sistema.

Quadro 43 – Comparação das bombas auxiliares KSB

Bombas auxiliares

Características	Dimensionamento			
	1	2	3	4
Tamanho	32-250	32-250.1	32-250.1	32-250.1
RPM	3500 rpm	3500 rpm	3500 rpm	3500 rpm
Diâmetro do rotor	261 mm	220 mm	232 mm	220 mm
Potência	15 hp	8,5 hp	10 hp	8 hp
Vazão	1,2 m³/h	1,2 m³/h	1,2 m³/h	1,2 m³/h
Altura manométrica	145 mca	88 mca	102 mca	88 mca

Fonte: a autora, 2016.

Constata-se que os valores de potência e altura manométrica encontrados para os dimensionamentos 2 e 4 são praticamente os mesmos, com pequena diferença entre as potências das bombas.

Isto se justifica pelo fator que impactou na bomba principal do dimensionamento 4, a vazão. Pois, agora para a bomba auxiliar a vazão considerada é um valor mínimo de 1,2 m³/h, padrão para todos os dimensionamentos, esse fator deixou de ser uma diferença, assemelhando-se ao dimensionamento 2.

O último fator a ser comparado dos dimensionamentos é referente ao volume da reserva, como pode ser observado no Quadro 44.

Quadro 44 – Comparação dos volumes de reserva

Volume de reserva				
Unidade	Dimensionamento			
	1	2	3	4
litros	25.122	26.475,3	28.188,3	32.268,3
m³	25,2	26,5	28,2	32,3

Fonte: a autora, 2016.

Para o cálculo da reserva utiliza-se a Equação 19:

$$V = Q_{bomba} \times t \text{ (Equação 19)}$$

Assim, como o tempo depende unicamente da classificação do risco da edificação, o valor é o mesmo de 30 minutos para todos os dimensionamentos. O que interfere, de forma diretamente proporcional ao resultado, é a vazão obtida na bomba.

Como já analisado, a menor vazão da bomba foi no dimensionamento 1, com o menor fator K adotado. Assim, a menor reserva calculada é no dimensionamento 1.

4 – CONCLUSÃO

Os textos das normas estaduais sobre o sistema de chuveiros automáticos são reduzidos, assim como a exigência desse sistema nas edificações, dado que sumariamente apenas um pequeno grupo de edificações de grande altura ou com risco de incêndio elevado demanda a instalação desse sistema.

Portanto, para a realização desse trabalho, recorreu-se aos preceitos da NBR 10897:2014 para a apresentação do procedimento de cálculo hidráulico exigido na edificação designada.

Para os quatro dimensionamentos propostos pelo trabalho, K 61, K 80, K 115 e K 161, pôde-se observar que todos os fatores do cálculo hidráulico sofreram alterações, tais como: vazão, diâmetro de tubulações, perda de carga, pressão, características da bomba e reserva de água.

Dessa forma, vale salientar que, quanto maior o fator K atribuído inicialmente ao dimensionamento do sistema, maior serão as vazões encontradas em cada chuveiro e em cada trecho da tubulação.

Na mesma sequência, percebe-se que, como o cálculo do diâmetro das tubulações depende da vazão, pode-se estender a observação anterior, pois quanto maior é o fator K escolhido, maiores serão os diâmetros de tubulação também.

Agora, para a perda de carga nos segmentos de tubulação, não é possível estabelecer uma relação direta com o fator K, pois a perda de carga depende tanto da vazão quanto do diâmetro. Mas, como o diâmetro adotado é referente ao diâmetro comercial dos tubos, muitas vezes esse valor comercial acaba sendo muito superior ao calculado, interferindo na redução da perda de carga nesse ponto.

No caso do cálculo da pressão, percebe-se o oposto em relação aos resultados obtidos para a vazão, uma vez que, quanto maior o fator K, menor será o valor da pressão final do sistema.

Para a escolha da bomba que faça o sistema responder satisfatoriamente, percebe-se que este fato depende de vazão e pressão adequadas, ou seja, duas grandezas que variam de formas opostas perante a escolha do fator K. Quanto maior é o fator K, uma aumenta, enquanto a outra diminui. Essa Circunstância fica evidenciada nas bombas determinadas para cada dimensionamento.

Neste ponto dos resultados analisados, pode-se perceber que tanto o dimensionamento com menor vazão (dimensionamento 1) quanto o dimensionamento com menor pressão (dimensionamento 4) requerida pelas bombas não são os resultados ideais para um sistema economicamente mais viável.

Nota-se que a menor potência de bomba necessária é no dimensionamento com fator K 80 (dimensionamento 2). Observa-se que o dimensionamento 1 apresenta uma potência 82,61% maior que o dimensionamento 2, mesmo exibindo a menor vazão de todos os cálculos.

O dimensionamento 3 apresenta valores próximos aos do dimensionamento 2, entretanto superiores. Isso reflete na potência da bomba, a qual é 47,83% maior no dimensionamento 3.

Repara-se, ainda, que o dimensionamento 4 apresenta uma potência necessária na bomba apenas 13,04% maior em relação ao dimensionamento 2. Mas o dimensionamento 4 apresenta a maior vazão encontrada em todas as análises, impactando diretamente no volume da reserva.

Assim, constata-se que o dimensionamento 4 apresenta o maior volume de reserva dos dimensionamentos, 21,89% maior que o dimensionamento 2, o que significa aproximadamente 5.700 litros a mais.

Diante do exposto, pode-se concluir que os resultados do dimensionamento 2 constituem no final da análise a melhor proporção entre vazão e pressão para o sistema, chegando-se à solução mais apropriada.

Percebe-se que o fator K possui várias opções de valores expostos na norma; o K 80 e K 115 são os números trazidos pela bibliografia como valores mais utilizados. Comprova-se, assim, pelos dimensionamentos, que o fator K 80 foi o resultado o qual atendeu adequadamente aos conceitos de vazão e pressão.

Portanto, verifica-se a grande importância da análise das variáveis de cálculo e concepção do sistema de chuveiros automáticos. Dessa forma, visa-se ao dimensionamento de sistemas que atendam a todas as exigências das normas e, ao mesmo tempo, apresentem custo plausível.

REFERÊNCIAS

- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. **NBR 10897**, Sistemas de proteção contra incêndio por chuveiros automáticos – Requisitos. Rio de Janeiro: ABNT, 2014.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. **NBR 10897**, Sistemas de proteção contra incêndio por chuveiros automáticos – Requisitos. Rio de Janeiro: ABNT, 1990.
- BRENTANO, Telmo. **Instalações hidráulicas de combate a incêndios nas edificações**. 2. ed. Porto Alegre: EDIPUCRS, 2005. 450 p.
- BRENTANO, Telmo. **Instalações hidráulicas de combate a incêndios nas edificações**. 4. ed. Porto Alegre: EDIPUCRS, 2011. 672 p.
- INSTITUTO SPRINKLER BRASIL. **Legislação**. Disponível em: <<http://www.sprinklerbrasil.org.br/legislacao/>>. Acesso em: 19 abr. 2016.
- BOMBAS KSB. **Folheto de curvas características**: ficha técnica. 2014. Disponível em: <www.ksb.com.br>. Acesso em: 21 fev. 2016.
- MARIO, L. **Análise comparativa de custos entre o sistema de distribuição de chuveiros automáticos de tubo molhado: sistema aberto e sistema fechado**. Trabalho de Conclusão de Curso. Porto Alegre, 2007. Disponível em: <<http://www.lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/26051/000755660.pdf?sequence=1>>. Acesso em: 10 abr. 2016.
- PARANÁ (estado). Corpo de Bombeiros – CBMPR. **Código de segurança contra incêndio e pânico**. Curitiba, 2014. 60 p.
- PARANÁ (estado). Corpo de Bombeiros – CBMPR. **NPT 011 – Saídas de emergência**. Curitiba, 2016. 37 p.
- PARANÁ (estado). Corpo de Bombeiros – CBMPR. **NPT 023 – Sistema de chuveiros automáticos**. Curitiba, 2012. 5 p.
- PEREIRA, A. G. **Segurança contra incêndios**. São Paulo: LTr, 2009. 179 p.
- SEITO, Alexandre I. et al. **A segurança contra incêndio no Brasil**. São Paulo: Projeto, 2008. 496 p. Disponível em: <http://www.corpodebombeiros.sp.gov.br/internetcb/Downloads/aseguranca_contra_incendio_no_brasil.pdf>. Acesso em: 6 mar. 2016.
- WOLLENTARSKI JÚNIOR, João Carlos. **Sprinklers: conceitos básicos e dicas excelentes para profissionais – um estudo prático sobre a NFPA 13**. São Paulo: Instituto Sprinkler Brasil, 2015. 177 p. Disponível em: <<http://www.sprinklerbrasil.org.br/wp-content/uploads/2015/06/1%C2%BA-Pr%C3%AAmio-ISBN-Sprinkler->

s-conceitos-b%C3%A1sicos-e-dicas-excelentes-para-profissionais1.pdf>. Acesso em: 20 mar. 2016.

