

**UNIVERSIDADE DO VALE DO RIO DOS SINOS - UNISINOS
UNIDADE ACADÊMICA DE GRADUAÇÃO
CURSO DE ENGENHARIA CIVIL**

ARTUR GABRIEL ARNOLD BECKER

**CHUVEIROS AUTOMÁTICOS:
Análise de soluções propostas pela ABNT NBR 16.981:2021 para prevenção de
incêndio em galpões de estocagem**

**São Leopoldo
2022**

ARTUR GABRIEL ARNOLD BECKER

CHUVEIROS AUTOMÁTICOS:

Análise de soluções propostas pela ABNT NBR 16.981:2021 para prevenção de incêndio em galpões de estocagem

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado como requisito parcial para obtenção do título de Bacharel pelo Curso de Engenharia Civil da Universidade do Vale do Rio dos Sinos (UNISINOS).

Orientadora: Prof.^a MSc. Eliane Conterato

São Leopoldo

2022

Para todos aqueles que fizeram parte dessa longa caminhada até aqui, sejam aqueles que continuarão ou aqueles que tomarão caminhos distintos, mas que sempre terão um lugar no meu coração.

AGRADECIMENTOS

Inicialmente gostaria de agradecer a toda minha família, principalmente aos meus pais, Maristela Arnold e Paulo Ricardo Becker, pessoas que sempre acreditaram em mim e me apoiaram de maneira incondicional e ao meu irmão, Pedro Henrique, que está iniciando na vida acadêmica e que com certeza obterá muito sucesso.

Agradeço ao Rodrigo e ao Cesar, lideranças por boa parte da minha vida profissional, e responsáveis pela minha decisão de migrar para a engenharia civil, e que por muito tempo foram minhas inspirações profissionais. À Natália, que ingressou quase juntamente comigo nessa área da prevenção contra incêndio e, também, uma amizade que levarei para a vida.

Obrigado também a Pâmela, pessoa que a Unisinos me apresentou e me acompanhou ao longo desses em anos em boa parte das atividades acadêmicas, logo chegará a sua hora de formar também, está quase...

Agradeço também aos meus colegas da Prefeitura de São Leopoldo e da Estilo Casarão, que sempre proporcionaram um ótimo ambiente de trabalho, e em especial ao Michel e a Lanna, essa que foi minha maior confidente durante esse último ano de dificuldades e a Eliane, pelo apoio durante todo o processo de construção desse TCC.

Agradeço a todos os meus mais que amigos, *Friends!*, pessoas que sempre admirei e que compreenderam minha ausência em vários momentos ao longo desses anos, em especial ao Cauê.

Por último, agradeço ao Marcelo, pessoa que considero um irmão e que recentemente, juntamente com a Bruna, me concederam a honra de ser padrinho do Theo, a quem também dedico esse trabalho.

RESUMO

O sistema de chuveiros automáticos é uma medida de prevenção contra incêndios que tem como intuito proteger vidas e o patrimônio, apresentando a vantagem de funcionar sem a necessidade de ação humana. Atua controlando o incêndio ou suprimindo-o, e possui enorme eficácia para os fins propostos, conforme demonstrado em diferentes estudos. Para edificações não voltadas para armazenamento de materiais, a ABNT NBR 10.897:2020 apresenta os requisitos mínimos necessários para os sistemas de chuveiros automáticos, desde as classificações até critérios de cálculo. Porém, no caso de a edificação possuir estocagem, deve-se consultar a ABNT NBR 16.981:2021, que serve como complemento à norma citada anteriormente. As áreas de estocagem exigem uma análise muito minuciosa, visto que o empilhamento de mercadorias aumenta a quantidade de materiais em um mesmo espaço e, conseqüentemente, o potencial de energia liberada em uma eventual queima. A ABNT NBR 16.981:2021 nos traz diferentes tipos de bicos com suas devidas características e restrições para serem utilizados nessas áreas, que possuem variações de vazão e pressão de operação para cada altura de pé-direito e estocagem. Para a realização dessa análise serão apresentados sete pavilhões, onde serão estocados o mesmo tipo de material e o mesmo método de estocagem, variando o pé-direito e o tipo de chuveiro que será utilizado, que será justificado. Observou-se após a elaboração desse estudo que, existem alturas de transição, ou seja, que a partir daquele ponto, alteram-se os critérios de prevenção, tornando-se assim mais rigorosos, o que resulta em um sistema mais caro para implementação. Também se concluiu que o sistema de chuveiros automáticos acaba sendo muito sensível à todas as suas demais variáveis.

Palavras-chave: Chuveiros automáticos. Galpões logísticos. Prevenção de incêndio.

ABSTRACT

The sprinkler system is a fire prevention measure which has the intention to protect lives and the property, presenting the advantage of work without human intervention. Works controlling the fire or suppressing him, and has a great effectiveness for the proposed purposes, as demonstrated in different researches. For buildings without material storage, the ABNT NBR 10.897:2020 show us the minimum necessary requirements to the sprynkler system, from the hazards until the calculations. Although, if the building has storage, you should consult the ABNT NBR 16.981:2021, which serves as a complemente of the previous NBR. The storage areas require a closer analysis, since the stacking of goods increase the amount of materials in the same place, consequently, the released energy potential on a burning. The ABNT NBR 16.981:2021 show differents types of sprinklers with its proper characteristics and restrictions to be used on this areas, that have flow and operation pressure for each height of the building and the storage. To do this review, seven sheds will be considered, Where the same type of material will be stored and the same storage method, with different heights and type of sprinkler, that will be justified. It was observed after this study that, there are transition heights, in other words, from that point to above, change the prevention requirements, becoming stricter, resulting in a more expensive system. It was also concluded that the sprinklers system is very sensitive to all its other variables.

Key-Words: Sprinklers. Logistic sheds. Fire prevention.

LISTA DE FIGURAS

| | |
|---|----|
| Figura 1 – Modelos de chuveiros de Parmelee | 20 |
| Figura 2 – Modelos de chuveiros de Grinnell | 21 |
| Figura 3 – Sprinkler de Mather & Platt, modelo de 1938 | 21 |
| Figura 4: Operação e eficácia do sistema de sprinklers | 22 |
| Figura 5 - Incêndios estruturais por ocupação noticiados | 23 |
| Figura 6 – Comparativo de propagação de incêndio em estrutura porta-paletes | 23 |
| Figura 7 – Compartimentação horizontal..... | 32 |
| Figura 8 – Armazenamento paletizado sem utilização de estruturas porta-paletes .. | 38 |
| Figura 9 – Armazenamento em estante simples | 39 |
| Figura 10 – Estrutura porta-paletes..... | 39 |
| Figura 11 – Armazenamento por caixas do tipo bin-box | 40 |
| Figura 12 – Principais componentes do sistema de chuveiros automáticos..... | 40 |
| Figura 13 – Partes principais constituintes de um chuveiro automático | 41 |
| Figura 14 – Elementos termo sensíveis nos chuveiros automáticos | 43 |
| Figura 15 – Chuveiro automático em pé instalado no vão entre vigas | 45 |
| Figura 16 – Chuveiros automáticos conforme sua orientação..... | 46 |
| Figura 17 – Chuveiro Automático ESFR..... | 47 |
| Figura 18 – Elementos de rede | 47 |
| Figura 19 – Disposições por Anel Fechado e Grelha | 48 |
| Figura 20 – Válvula de Gaveta | 50 |
| Figura 21 – Válvula de retenção do tipo portinhola | 51 |
| Figura 22 – Válvula de Governo e Alarme (VGA)..... | 51 |
| Figura 23 – Reservatório modelo Torre D'água | 54 |
| Figura 24 – Tomada de recalque em caixa de alvenaria..... | 55 |
| Figura 25 – Esquema geral de sistema de chuveiros automáticos de canalização molhada..... | 56 |
| Figura 26 – Esquema geral de sistema de chuveiros automáticos de tubo seco | 57 |
| Figura 27 - Esquema geral de sistema de chuveiros automáticos de pré-ação | 58 |
| Figura 28 – Esquema geral de sistema de chuveiros abertos dilúvio..... | 59 |
| Figura 29 – Área de cobertura - Exemplo..... | 60 |
| Figura 30 – Posicionamento de chuveiro automático em pé de cobertura-padrão ou de cobertura estendida, sob teto obstruído | 64 |

| | |
|---|----|
| Figura 31 – Posicionamento de chuveiro automático em pé de cobertura-padrão ou de cobertura estendida em cada vão formado pelos elementos estruturais..... | 64 |
| Figura 32 – Área de obstrução ao padrão de descarga em forma de guarda-chuva de chuveiros de teto para armazenamento em separação normal..... | 65 |
| Figura 33 – Curvas de densidade e área | 66 |
| Figura 34 – Suportes..... | 67 |
| Figura 35 – Fluxograma do trabalho | 68 |
| Figura 36 – Planta baixa pavilhão | 69 |
| Figura 37 – Corte transversal pavilhão 1..... | 69 |
| Figura 38 – Corte transversal pavilhão 2..... | 70 |
| Figura 39 – Corte transversal pavilhão 3..... | 70 |
| Figura 40 – Corte transversal pavilhão 4..... | 70 |
| Figura 41 – Corte transversal pavilhão 5..... | 71 |
| Figura 42 – Corte transversal pavilhão 6..... | 71 |
| Figura 43 – Corte transversal pavilhão 7..... | 71 |
| Figura 44 – Palete Padrão PBR | 72 |
| Figura 45 – Planta baixa estruturas porta paletes | 73 |
| Figura 46 – Planta baixa layout pavilhão..... | 73 |
| Figura 47 – Afastamento reserva técnica e casa de bombas..... | 77 |
| Figura 48 – Densidade dos chuveiros de teto para estocagens até 3,70 m de altura | 79 |
| Figura 49 – Dados calculados no Pavilhão 01 | 80 |
| Figura 50 – Área de operação do Pavilhão 01 | 80 |
| Figura 51 – Densidade dos chuveiros para mercadorias de classe III, não encapsuladas, em paletes convencionais, a 6,1 m de altura em estruturas porta-paletes simples, duplas e múltiplas | 82 |
| Figura 52 – Variação da densidade do sistema de chuveiros do teto com a altura de armazenamento | 83 |
| Figura 53 – Dados calculados no Pavilhão 02 | 84 |
| Figura 54 – Área de operação do Pavilhão 02 | 84 |
| Figura 55 – Dados calculados no Pavilhão 03 | 86 |
| Figura 56 – Área de operação do Pavilhão 03 | 86 |
| Figura 57 – Dados calculados no Pavilhão 04 | 88 |
| Figura 58 – Área de operação do Pavilhão 04 | 89 |

| | |
|--|----|
| Figura 59 – Dados calculados no Pavilhão 05 | 91 |
| Figura 60 – Área de operação do Pavilhão 05 | 91 |
| Figura 61 – Dados calculados no Pavilhão 06 | 92 |
| Figura 62 – Área de operação do Pavilhão 06 | 93 |
| Figura 63 – Dados calculados no Pavilhão 07 | 94 |
| Figura 64 – Área de operação do Pavilhão 07 | 94 |
| Figura 65 – Reserva técnica por pé-direito..... | 95 |
| Figura 66 – Custos de implementação do sistema de chuveiros por pé-direito | 98 |

LISTA DE QUADROS

| | |
|---|----|
| Quadro 1 – Resumo das características dos chuveiros automáticos | 42 |
| Quadro 2 – Dados técnicos do chuveiro CMDA para o pavilhão 01..... | 74 |
| Quadro 3 – Dados técnicos do chuveiro CMDA para o pavilhão 02..... | 74 |
| Quadro 4 – Dados técnicos do chuveiro CMDA para o pavilhão 03..... | 75 |
| Quadro 5 – Dados técnicos do chuveiro ESFR para o pavilhão 04, 05 e 06..... | 75 |
| Quadro 6 – Dados técnicos do chuveiro ESFR para o pavilhão 07..... | 75 |
| Quadro 7 – Resultados Pavilhão 01 | 81 |
| Quadro 8 – Resultados Pavilhão 02 | 85 |
| Quadro 9 – Resultados Pavilhão 03..... | 87 |
| Quadro 10 – Resultados Pavilhão 04..... | 89 |
| Quadro 11 – Resultados Pavilhão 05..... | 92 |
| Quadro 12 – Resultados Pavilhão 06..... | 93 |
| Quadro 13 – Resultados Pavilhão 07 | 94 |

LISTA DE TABELAS

| | |
|---|----|
| Tabela 1 – Classificação das edificações quanto à sua ocupação pela NBR 9077:2001 | 26 |
| Tabela 2 – Classificação das edificações quanto à sua ocupação pelo Decreto 51.803/2014 | 29 |
| Tabela 3 – Exigência do sistema de chuveiros automáticos para edificações existentes regularizadas com área superior à 750 m ² ou 12 m de altura | 30 |
| Tabela 4 – Exigência do sistema de chuveiros automáticos para edificações que não se enquadrem como existentes regularizadas com área superior à 750 m ² ou 12 m de altura | 30 |
| Tabela 5 – Tabela de compartimentação horizontal..... | 32 |
| Tabela 6 – Classificação das ocupações conforme ABNT NBR 10897:2020..... | 36 |
| Tabela 7 – Classificação das mercadorias conforme ABNT NBR 16.981:2021 | 37 |
| Tabela 8 – Limites de temperatura, classificação e código de cores dos chuveiros automáticos..... | 43 |
| Tabela 9 – Diâmetros e valor K..... | 44 |
| Tabela 10 – Área máxima por coluna principal | 60 |
| Tabela 11 – Áreas de cobertura máxima por chuveiro automático e distância máxima entre chuveiros automáticos <i>spray</i> em pé e pendentes de cobertura-padrão..... | 61 |
| Tabela 12 – Áreas de cobertura máxima por chuveiro automático e distância máxima entre chuveiros automáticos <i>spray</i> em pé e pendentes de cobertura-estendida..... | 62 |
| Tabela 13 – Áreas de cobertura máxima por chuveiro automático e distância máxima entre chuveiros CCAE | 62 |
| Tabela 14 – Áreas de cobertura máxima por chuveiro automático e distância máxima entre chuveiros ESFR | 62 |
| Tabela 15 – Afastamentos dos defletores para tetos sem obstruções | 63 |
| Tabela 16 – Distância máxima entre suportes em metros..... | 67 |
| Tabela 17 – Diâmetro dos suportes em função dos tubos | 67 |
| Tabela 18 – Resumo dos cenários estudados | 77 |
| Tabela 19 – Proteção de armazenamento transitório de mercadorias de classes I a IV, até 3,7 m de altura, utilizando sistema de controle área-densidade | 78 |
| Tabela 20 – Estrutura porta-paletes simples e duplas – Armazenamento acima de 3,7 m até 7,6 m, sem prateleiras sólidas (parte 1) | 81 |

| | |
|---|----|
| Tabela 21 – Demanda de água para hidrantes e duração da reserva de água para proteção de armazenamento em estruturas porta-paletes de mercadorias de classes I a IV até 7,6 m de altura | 82 |
| Tabela 22 – Chuveiros ESFR para classes I a IV em estruturas porta-paletes, sem prateleiras sólidas, até 7,6 m..... | 87 |
| Tabela 23 – Chuveiros ESFR para classes I a IV em estruturas porta-paletes, sem prateleiras sólidas, acima de 7,6 m de altura | 90 |
| Tabela 24 – Pressões mínimas necessárias para cada fator K de chuveiros ESFR . | 96 |
| Tabela 25 – Custo de implementação do sistema de chuveiros por pavilhão | 98 |

LISTA DE SIGLAS

| | |
|-------|---|
| ABNT | Associação Brasileira de Normas Técnicas |
| CBMRS | Corpo de Bombeiros Militar do Rio Grande do Sul |
| CCAE | Chuveiro automático de Controle para Aplicações Específicas |
| CMDA | <i>Control Mode Density Area</i> |
| ESFR | <i>Early Suppression Fast Response</i> |
| ISB | Instituto Sprinkler Brasil |
| IRB | Instituto de Resseguros do Brasil |
| NFPA | <i>National Fire Protection Association</i> |
| NBR | Normas Brasileiras de Regulação |
| SHC | <i>Simple Hydraulic Calculator</i> |

SUMÁRIO

| | |
|---|-----------|
| 1 INTRODUÇÃO | 16 |
| 1.1 TEMA | 17 |
| 1.2 DELIMITAÇÃO DO TEMA..... | 17 |
| 1.3 PROBLEMA | 17 |
| 1.4 OBJETIVOS | 18 |
| 1.4.1 Objetivo geral | 18 |
| 1.4.2 Objetivos específicos | 18 |
| 1.5 JUSTIFICATIVA | 18 |
| 2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA | 19 |
| 2.1 DEFINIÇÃO E HISTÓRIA..... | 19 |
| 2.2 IMPORTÂNCIA DO SISTEMA | 22 |
| 2.3 LEGISLAÇÃO E NORMAS TÉCNICAS..... | 24 |
| 2.3.1 Legislação Estadual – Leis e Decretos | 24 |
| 2.3.1.1 Lei Estadual nº 10.987, de 11 de agosto de 1997 e regulamentações - Pré-boate Kiss..... | 25 |
| 2.3.1.1.1 <i>Classificação das edificações perante a Lei nº 10.987, de 11 de agosto de 1997</i> | 25 |
| 2.3.1.1.2 <i>Exigência de Sistema Automático de Extinção de Incêndios pela Lei nº 10.987, de 11 de agosto de 1997</i> | 26 |
| 2.3.1.2 Lei Complementar nº 14.376, de 26 de dezembro de 2013 - Pós-boate Kiss | 27 |
| 2.3.1.2.1 <i>Classificação das edificações perante a Lei Complementar nº 14.376, de 26 de dezembro de 2013</i> | 27 |
| 2.3.1.2.2 <i>Exigência de Sistema Automático de Extinção de Incêndios pela Lei Complementar nº 14.376, 26 de dezembro de 2013</i> | 29 |
| 2.3.2 Normas Brasileiras | 32 |
| 2.3.2.1 ABNT NBR 10.897:2020 | 33 |
| 2.3.2.2 ABNT NBR 16.981:2021 | 33 |
| 2.3.2.3 ABNT NBR 16.400:2018 | 34 |
| 2.3.3 Normas técnicas complementares | 34 |
| 2.4 CLASSIFICAÇÕES PARA DIMENSIONAMENTO DO SISTEMA | 35 |
| 2.4.1 Quanto à ABNT NBR 10.897:2020 | 35 |

| | |
|---|-----------|
| 2.4.1.1 Ocupações | 35 |
| 2.4.2 Quanto à ABNT NBR 16.981:2021 | 36 |
| 2.4.2.1 Mercadorias..... | 37 |
| 2.4.2.2 Métodos de estocagem | 38 |
| 2.5 COMPONENTES DO SISTEMA | 40 |
| 2.5.1 Chuveiros Automáticos | 41 |
| 2.5.1.1 Elemento Termossensível..... | 42 |
| 2.5.1.2 Temperatura de Acionamento | 43 |
| 2.5.1.3 Coeficiente de Descarga K..... | 44 |
| 2.5.1.4 Distribuição de Água | 44 |
| 2.5.1.5 Velocidade de Operação | 45 |
| 2.5.1.6 Orientação de Instalação..... | 45 |
| 2.5.1.7 Características de desempenho e projeto | 46 |
| 2.5.2 Redes de distribuição (ramais) | 47 |
| 2.5.2.1 Disposições | 48 |
| 2.5.2.2 Materiais..... | 49 |
| 2.5.3 Válvulas | 49 |
| 2.5.3.1 Válvulas de Bloqueio..... | 49 |
| 2.5.3.2 Válvula de Controle de Fluxo | 50 |
| 2.5.3.3 Válvula de Retenção | 50 |
| 2.5.3.4 Válvula de Governo e Alarme..... | 51 |
| 2.5.4 Bombas de Incêndio | 52 |
| 2.5.4.1 Bombas de Recalque | 52 |
| 2.5.4.2 Bombas de Reforço..... | 52 |
| 2.5.4.3 Bombas de Pressurização..... | 52 |
| 2.5.5 Reservatórios | 53 |
| 2.5.6 Demais componentes da rede..... | 54 |
| 2.5.6.1 Conexão de Testes | 54 |
| 2.5.6.2 Registro de Recalque | 55 |
| 2.6 TIPOS DE SISTEMAS..... | 55 |
| 2.6.1 Sistema de Tubo Molhado | 56 |
| 2.6.2 Sistema de Tubo Seco | 56 |
| 2.6.3 Sistema de Ação Prévia | 57 |
| 2.6.4 Sistema de Dilúvio..... | 58 |

| | |
|--|-----------|
| 2.7 REQUISITOS GERAIS DE PROJETO E INSTALAÇÃO | 59 |
| 2.7.1 Área máxima de proteção do sistema | 59 |
| 2.7.2 Área de proteção por chuveiro automático e afastamentos entre bicos .. | 60 |
| 2.7.2.1 Chuveiros automáticos tipo spray em pé e pendentes de cobertura-padrão. | 61 |
| 2.7.2.2 Chuveiros automáticos tipo <i>spray</i> em pé e pendentes de cobertura estendida | 61 |
| 2.7.2.3 Chuveiros CCAE | 62 |
| 2.7.2.4 Chuveiros ESFR..... | 62 |
| 2.7.3 Orientação do defletor | 63 |
| 2.7.4 Afastamento do teto e do topo da armazenagem..... | 63 |
| 2.7.5 Afastamento de obstruções | 64 |
| 2.7.6 Área de operação e densidade..... | 65 |
| 2.7.7 Suportes | 66 |
| 3 METODOLOGIA | 68 |
| 3.1 DEFINIÇÃO DAS DIMENSÕES DO PAVILHÃO E MODELO DA ESTRUTURA | 68 |
| 3.2 DEFINIÇÃO DAS ESTRUTURAS PORTA-PALETE E MATERIAIS ESTOCADOS | 72 |
| 3.3 ESCOLHA DOS CHUVEIROS AUTOMÁTICOS A SEREM ADOTADOS | 73 |
| 3.3.1 Pavilhão 01..... | 74 |
| 3.3.1 Pavilhão 02..... | 74 |
| 3.3.3 Pavilhão 03..... | 75 |
| 3.3.4 Pavilhão 04, 05 e 06..... | 75 |
| 3.3.5 Pavilhão 07..... | 75 |
| 3.4 RESUMO E CONSIDERAÇÕES GERAIS DOS CENÁRIOS A SEREM ANALISADOS | 76 |
| 4 ANÁLISE DE RESULTADOS | 78 |
| 4.1 DIMENSIONAMENTO..... | 78 |
| 4.1.1 Pavilhão 01..... | 78 |
| 4.1.2 Pavilhão 02..... | 81 |
| 4.1.3 Pavilhão 03..... | 85 |
| 4.1.4 Pavilhão 04..... | 87 |
| 4.1.5 Pavilhão 05..... | 89 |
| 4.1.6 Pavilhão 06..... | 92 |
| 4.1.7 Pavilhão 07..... | 93 |

| | |
|---|------------|
| 4.7 COMPARAÇÃO DA RESERVA TÉCNICA DE INCÊNDIO | 95 |
| 4.8 FLEXIBILIDADE PARA AS SOLUÇÕES ADOTADAS | 96 |
| 4.9 ANÁLISE DE CUSTOS | 97 |
| 5 DISCUSSÃO | 99 |
| 6 CONCLUSÃO | 101 |
| 7 SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS | 102 |
| REFERÊNCIAS..... | 103 |
| APÊNDICE A – ORÇAMENTO DISCRIMINADO DO PAVILHÃO 01 | 107 |
| APÊNDICE B – ORÇAMENTO DISCRIMINADO DO PAVILHÃO 02 | 108 |
| APÊNDICE C – ORÇAMENTO DISCRIMINADO DO PAVILHÃO 03 | 109 |
| APÊNDICE D – ORÇAMENTO DISCRIMINADO DO PAVILHÃO 04 | 110 |
| APÊNDICE E – ORÇAMENTO DISCRIMINADO DO PAVILHÃO 05 | 111 |
| APÊNDICE F – ORÇAMENTO DISCRIMINADO DO PAVILHÃO 06 | 112 |
| APÊNDICE G – ORÇAMENTO DISCRIMINADO DO PAVILHÃO 07 | 113 |
| APÊNDICE H – PLANTA BAIXA PAVILHÃO 01 | 114 |
| APÊNDICE I – PLANTA BAIXA PAVILHÃO 02 | 115 |
| APÊNDICE J – PLANTA BAIXA PAVILHÃO 03 | 116 |
| APÊNDICE K – PLANTA BAIXA PAVILHÃO 04..... | 117 |
| APÊNDICE L – PLANTA BAIXA PAVILHÃO 05 | 118 |
| APÊNDICE M – PLANTA BAIXA PAVILHÃO 06 | 119 |
| APÊNDICE N – PLANTA BAIXA PAVILHÃO 07..... | 120 |

1 INTRODUÇÃO

Com o passar dos anos, o padrão das edificações vai se alterando e suas tecnologias também, temos uma maior verticalização nas edificações, novos materiais de acabamento e uma maior necessidade, por parte dos investidores, em armazenar a maior quantidade de material em um determinado espaço, devido à maior aderência do *e-commerce*.

A área de prevenção contra incêndio deve caminhar juntamente a essas mudanças, de modo que se apresentem novas tecnologias na área ou se adequem os sistemas já empregados, de maneira que sejam funcionais a essas novas áreas de risco. Uma dessas medidas, já utilizadas ao longo dos anos, é o sistema de chuveiros automáticos, também conhecido como *sprinklers*, área com forte investimento em pesquisas para desenvolvimento de novas tecnologias ou validação das já existentes.

O sistema de chuveiros automáticos é uma medida de prevenção contra incêndios que tem como intuito proteger vidas e o patrimônio, apresentando a vantagem de funcionar sem a necessidade de ação humana. Atua controlando o incêndio ou suprimindo-o, e possui enorme eficácia para os fins propostos, conforme demonstrado em diferentes estudos.

O sistema pode ser instalado por escolha do proprietário da edificação, porém, devido ao custo de implementação e da errônea cultura de que o incêndio poderá nunca ocorrer na sua edificação, a implementação se vincula a fatores legais o que, no Brasil, varia de estado para estado. No Rio Grande do Sul, por exemplo, a implementação do sistema depende, predominantemente, de três fatores: uso da edificação, altura de piso a piso e área construída.

Para edificações não voltadas para armazenamento de materiais, a ABNT NBR 10.897:2020 apresenta os requisitos mínimos necessários para os sistemas de chuveiros automáticos, desde as classificações até critérios de cálculo. Porém, no caso de a edificação possuir estocagem, deve-se consultar a ABNT NBR 16.981:2021, que serve como complemento à norma citada anteriormente. Por mais que seja um complemento, a norma que trata de estocagem possui uma maior quantidade de informações e detalhamentos em relação a outra.

A ABNT NBR 16.981:2021 apresenta parâmetros de proteção levando em consideração as seguintes situações: tipos de mercadorias, como estas são

estocadas, altura de empilhamento, pé-direito da edificação e tipos de chuveiros automáticos utilizados. Um maior número de variáveis, que devem ser sempre consideradas e nunca negligenciadas, requer uma análise mais detalhada do cenário para o dimensionamento do sistema para o fim proposto, tendo assim, uma edificação mais segura e que justifique o investimento realizado.

1.1 TEMA

O presente estudo se trata do dimensionamento de um sistema de chuveiros automáticos para edificações de estocagem.

1.2 DELIMITAÇÃO DO TEMA

O estudo será limitado ao método de estocagem de mercadorias de classe III, conforme anexo A da ABNT NBR 16.981:2021, em estruturas porta-paletes. Para o dimensionamento serão utilizados os parâmetros das ABNT NBR 10.897:2020 e 16.981:2021.

Será levada em consideração apenas a primeira parte da ABNT NBR 16.981:2021, que possui como referência normativa a NFPA, e não o anexo B, que apresenta métodos alternativos considerando os *data sheets* da FM Global.

Não será abordado o sistema de hidrantes e seus componentes, apenas será levada em consideração a vazão adicional que o sistema de hidrantes agrega para o seu correto dimensionamento.

1.3 PROBLEMA

Diferentemente de alguns tipos de edificações, como escritórios e escolas, que possuem uma menor concentração de material por área e, conseqüentemente, uma carga de incêndio inferior, as áreas de estocagem exigem uma análise muito minuciosa, visto que o empilhamento de mercadorias aumenta a quantidade de materiais em um mesmo espaço e, conseqüentemente, o potencial de energia liberada em uma eventual queima.

A ABNT NBR 16.981:2021 nos traz diferentes tipos de bicos com suas devidas características e restrições para serem utilizados nessas áreas, que

possuem variações de vazão e pressão de operação para cada altura de pé-direito e estocagem. Mas o quanto essas alturas influenciam no custo de implementação do sistema? Existe alguma altura em que ocorra um aumento significativo no custo?

1.4 OBJETIVOS

1.4.1 Objetivo geral

Analisar a influência do pé-direito e da altura de estocagem nos custos de implementação do sistema de chuveiros automáticos.

1.4.2 Objetivos específicos

O estudo tem os seguintes objetivos específicos:

- a) comparar os custos dos sistemas de chuveiros automáticos para cada uma das situações de pé-direito;
- b) observar a influência do pé-direito no dimensionamento dos chuveiros automáticos;
- c) verificar demais diferenças entre os projetos como, por exemplo, volume d'água necessário.

1.5 JUSTIFICATIVA

Em julho de 2021 foi publicada a ABNT NBR 16.981:2021, substituindo a ABNT NBR 13.792:1997 e preenchendo uma lacuna de 24 anos. A antiga norma já não abrangia a demanda de diversas edificações, sendo assim necessário recorrer a normas internacionais, como as da NFPA.

Juntamente com a entrada de uma norma brasileira regulamentadora atualizada, aumenta-se o número de profissionais que irão se aperfeiçoar e se inteirar do assunto, e este estudo tem o intuito de aumentar a bibliografia na área que ainda é um assunto pouco explorado.

Outra questão é que, em diversos casos, a altura do pé-direito do pavilhão é pensada sem levar em consideração o sistema de chuveiros automáticos, o que deveria ser uma variável nessa definição.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

O presente capítulo abordará o conceito de chuveiros automáticos, além de apresentar uma breve história da sua criação, seguido da importância da implementação do sistema em edificações. Posteriormente, serão tratadas as legislações e normas técnicas, dando ênfase sobre as exigências do sistema no estado do Rio Grande do Sul, além das normas regulamentadoras aplicáveis para a realização do projeto, instalação do sistema e para as classificações quanto ao uso das edificações em que o sistema será implementado. Finalizando, será falado sobre os principais componentes e os diferentes tipos de sistemas de chuveiros automáticos além de alguns conceitos básicos de projeto, que são aplicados de maneira geral, independentemente da classificação.

2.1 DEFINIÇÃO E HISTÓRIA

Conforme Oliveira, Gonçalves e Magalhães (2008), o sistema de chuveiros automáticos se caracteriza por entrar em operação automaticamente, sendo ativado por um foco de incêndio, e tem sua eficácia reconhecida em função de seu menor tempo entre a detecção e ativação, evitando a propagação do incêndio para o restante da edificação. Por definição das NBRs 10.897 (2020, p. 8) e 16.981 (2021, p. 12), o sistema de chuveiros automáticos possui a seguinte definição:

Sistema integrado de tubulações aéreas e subterrâneas, alimentado por uma ou mais fontes de abastecimento automático de água, para fins de proteção contra incêndio. A parte do sistema de chuveiros automáticos acima do piso consiste em uma rede de tubulações dimensionada por tabelas ou por cálculo hidráulico, instaladas em edifícios, estruturas ou áreas, normalmente junto ao teto, à qual são conectados chuveiros automáticos segundo um padrão regular, alimentado por uma tubulação que abastece o sistema, provida de uma válvula de controle e dispositivo de alarme. O sistema é ativado pelo calor do fogo e descarrega água sobre a área de incêndio.

Brentano (2016, p. 215) dá a seguinte definição quanto ao sistema de chuveiros automáticos:

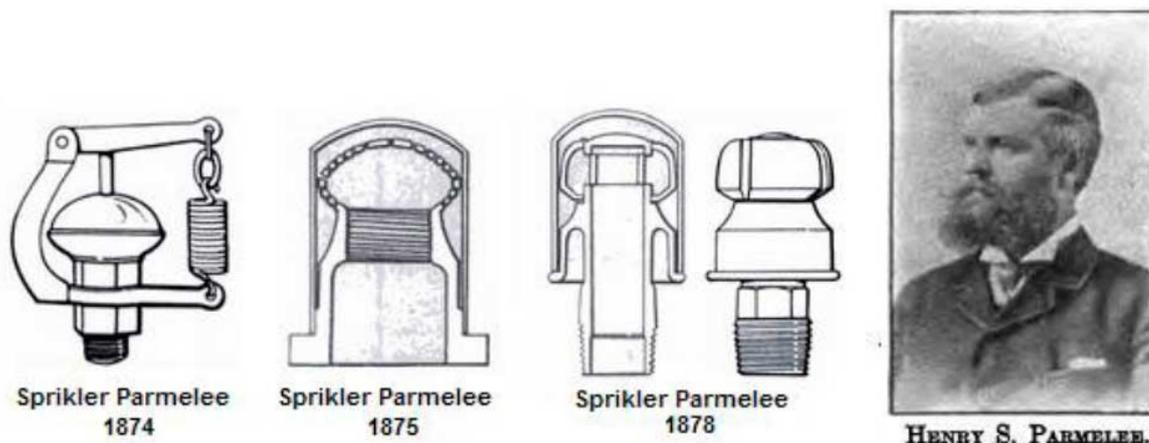
O sistema de chuveiros automáticos é um sistema hidráulico de combate a incêndios rigidamente fixado na estrutura da edificação, constituído por chuveiros automáticos (sprinklers) regularmente distribuídos por uma ou mais redes de canalizações, de acordo com a área da edificação, comandados por válvulas automáticas de controle exclusivas, que também

acionam um alarme simultaneamente. Esses chuveiros automáticos são conectados nas canalizações que formam as redes hidráulicas, ativados pelo calor do fogo de forma individual por sensores exclusivos, que descarregam água sobre a área de incêndio, com vazões, pressões e áreas de cobertura determinadas por norma de acordo com o grau de risco, a partir de um sistema de bombas de incêndio de acionamento automático e de uma reserva de água exclusivos.

Segundo Secco (1982), a utilização da água se dá por ser o agente extintor mais fácil de ser armazenado e aplicado nos incêndios, que se dá diretamente sobre o fogo, além de possuir um uso quase universal para o combate a incêndio, sendo aplicável a quase todas as classes, com algumas exceções.

Secco (1982) detalha que a aplicação prática de utilização de um *chuveiro automático*, que precipitasse o fluxo de água em função do calor, se deu em 1878, pelo americano Henry S. Parmelee, porém a solda responsável por reter o fluxo da água, e que possuía baixo ponto de fusão, não oferecia resistência mecânica suficiente, ocasionando com que o sistema entrasse em funcionamento acidentalmente, além disso este ficava em contato diretamente com a água, resfriando a solda e retardando o seu acionamento. A Figura 1 mostra alguns dos modelos propostos por Parmelee.

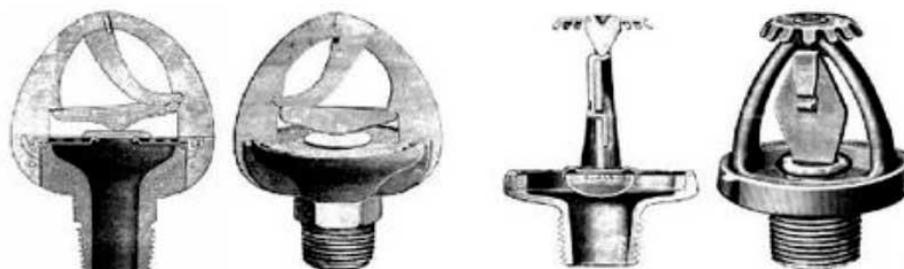
Figura 1 – Modelos de chuveiros de Parmelee



Fonte: Fernandes, 2018.

Secco (1982) acrescenta que Fredrick Grinnell, em 1882, aperfeiçoou o modelo de bico, elaborando um modelo em que a solda não possuía contato direto com a água, além de possuir um sistema de estanqueamento que ficava fechado até a fundição total da solda. A Figura 2 mostra alguns dos modelos.

Figura 2 – Modelos de chuveiros de Grinnell



Fonte: Fernandes, 2018.

Ainda segundo Secco (1982), em 1925, na Inglaterra, foi produzido um modelo mais próximo a alguns que temos nos dias de hoje. A solda foi substituída por um bulbo de *quatzo* como elemento termo-sensível, solução proposta pela firma Mather & Platt, resistindo à corrosão e à pressão da água. Dentro do bulbo, era inserido um líquido altamente sensível ao calor, que expandia com o aumento de temperatura, rompendo o bulbo e liberando a água. A Figura 3 mostra o modelo proposto.

Figura 3 – Sprinkler de Mather & Platt, modelo de 1938



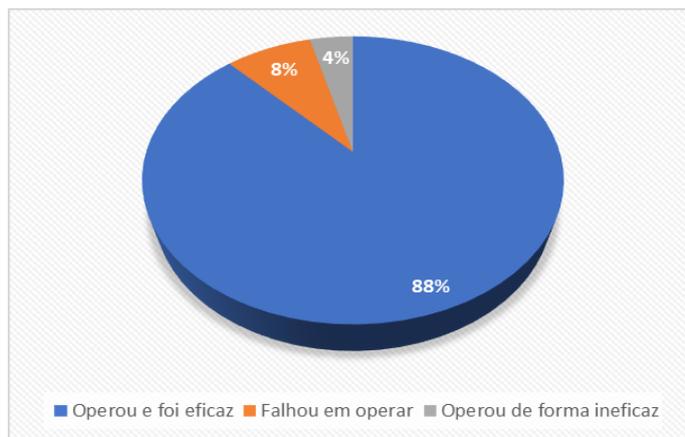
Fonte: Mather..., (2008).

Nos dias de hoje, os chuveiros automáticos, além de possuírem diferentes elementos termo-sensíveis, também possuem diferentes características de desempenho, de modo a atender as características de projeto. No item 2.5.1 deste trabalho serão abordadas essas classificações.

2.2 IMPORTÂNCIA DO SISTEMA

A importância do sistema se dá devido à sua alta eficiência no combate e controle de incêndios. Conforme pesquisa realizada nos Estados Unidos, durante os anos de 2010 a 2014, por Ahrens (2017) pela NFPA (*National Fire Protection Association*), o sistema operou e foi eficaz em 88% dos incêndios registrados em edificações que possuíam o sistema, conforme demonstra a Figura 4.

Figura 4: Operação e eficácia do sistema de sprinklers

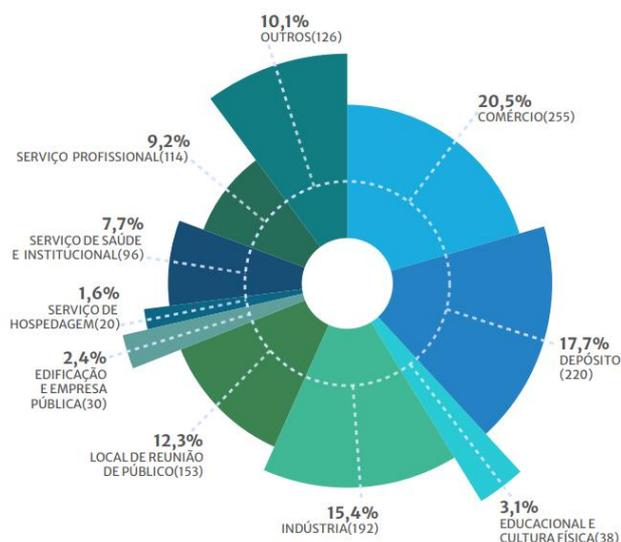


Fonte: U.S. Adaptado de *Experience with Sprinklers*, 2017.

A pesquisa informa ainda que em 79% dos incêndios onde o sistema operou e foi eficaz, apenas um bico foi acionado e necessário para controlar o incêndio, e em 97% foram necessários menos de 5 bicos para tal feito. Quanto aos 8% dos casos em que o sistema falhou em operar, em 59% dessas situações, o sistema estava desligado, conforme dados da mesma pesquisa.

Quanto às ocorrências de incêndio no Brasil, o ISB (Instituto Sprinkler Brasil) monitora as notícias de *incêndios estruturais* que, conforme definição do Instituto, tratam-se daqueles incêndios que poderiam ser controlados com a instalação e operação do sistema de chuveiros automáticos. No ano de 2020, foram noticiados 1.244 incêndios, porém, estima-se que esse número represente menos de 3% da quantidade real de casos. Conforme pode ser visto na Figura 5, em gráfico elaborado pelo ISB, edificações do tipo depósito representam cerca de 17,7% (220 casos) das edificações que foram noticiadas, ficando atrás apenas das edificações comerciais, que representam 20,5% (255 casos). Em relação ao ano anterior, houve um aumento de 44% no número total de incêndios noticiados e 18% para depósitos.

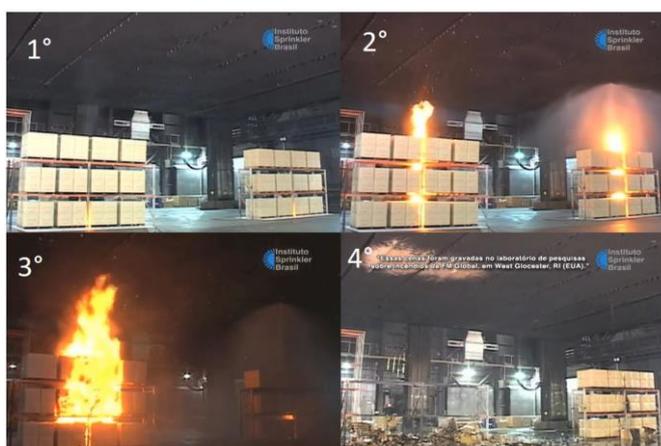
Figura 5 - Incêndios estruturais por ocupação noticiados



Fonte: ISB, 2020.

Quanto à sua atuação em áreas de estocagem, a Figura 6 demonstra a atuação do sistema em ensaio realizado pela FM Global, nos Estados Unidos, empresa privada de seguros que atua mundialmente e que possui normas técnicas próprias de prevenção de perdas, além de realizar altos investimentos em engenharia e pesquisa voltadas à prevenção de perdas (Instituto Sprinkler Brasil).

Figura 6 – Comparativo de propagação de incêndio em estrutura porta-paletes



Fonte: Adaptado pelo autor de POR QUE SPRINKLER, 2012.

Este ensaio foi realizado utilizando um conjunto de 12 paletes com caixas de papelão armazenando copos plásticos de poliestireno:

- Primeira imagem - demonstra o princípio de incêndio;
- Segunda imagem – ativação do bico de incêndio devido ao calor;

- Terceira imagem – decorridos 3 minutos de incêndio, no caso com *sprinklers*, temos uma pequena chama sob controle e com perdas mínimas;
- Quarta imagem – no caso sem *sprinklers*, toda a mercadoria foi perdida.

Em uma situação real, não apenas a mercadoria seria perdida, mas também existe, em grande parte das vezes, risco de perda de vidas, estrutura da edificação, imagem e confiança da empresa, além de possíveis danos à vizinhança.

2.3 LEGISLAÇÃO E NORMAS TÉCNICAS

No Brasil vigora uma Lei federal, de nº 13.425, de 30 de março de 2017, sobre medidas de prevenção e combate a incêndio e a desastres em edificações. Porém, esta apresenta apenas algumas diretrizes gerais para estabelecimentos, edificações e áreas de reunião de público. Atualmente, é atribuído aos estados a responsabilidade de definir como as edificações deverão ser protegidas. Nesse trabalho, abordaremos o estado do Rio Grande do Sul como exemplo.

2.3.1 Legislação Estadual – Leis e Decretos

Desde o ano de 1997, no estado do Rio Grande do Sul, se faz necessária a apresentação de planos de prevenção e proteção contra incêndio aprovados pelo CBMRS (Corpo de Bombeiros Militar do Rio Grande do Sul), conforme Art. 1º da Lei nº 10.987, de 11 de agosto de 1997, para os seguintes tipos de edificações:

- Instalações comerciais;
- Instalações industriais;
- Instalações de diversões públicas;
- Edifícios residenciais com mais de uma economia e pavimento.

Essa lei vigorou até a entrada da Lei Complementar nº 14.376, de 26 de dezembro de 2013, que teve sua elaboração após o incêndio da Boate Kiss.

Na cidade de Porto Alegre, a Lei Complementar nº 420, de 25 de agosto de 1998 instituiu o Código de Proteção contra Incêndio de Porto Alegre, que era

adotada em todo o município até a entrada da LC nº 14.376, de 26 de dezembro de 2013, a qual possui algumas diferenças de classificações e exigências de sistemas, que não serão abordados nesse trabalho.

2.3.1.1 Lei Estadual nº 10.987, de 11 de agosto de 1997 e regulamentações - Pré-boate Kiss

A Lei nº 10.987, de 11 agosto de 1997, foi regulamentada pelo Decreto nº 37.380, de 28 de abril de 1997, a qual trazia as normas técnicas que fixavam os requisitos mínimos exigidos nas edificações aplicáveis, conforme Art. 2º do referido Decreto. Esse Decreto foi atualizado posteriormente pelo Decreto nº 38.273, de 09 de março de 1998, que alterou algumas disposições aprovadas anteriormente.

Posteriormente foi lançada a Portaria nº 064/EMBM, de 18 de novembro de 1999, a qual regulava a aplicação da Lei Estadual nº 10.987, de 11 de agosto de 1997 e das normas técnicas de prevenção e proteção contra incêndio pelos órgãos de Bombeiros da Brigada Militar.

2.3.1.1.1 Classificação das edificações perante a Lei nº 10.987, de 11 de agosto de 1997

A lei não trazia diretamente classificações referentes ao risco e uso das edificações, sendo necessário consultar normas e cadernos técnicos complementares. O Art. 6º do Decreto nº 37.380, de 28 de abril de 1997 estabelece que:

- A classificação quanto ao risco de incêndio será realizada conforme classificação do IRB (Instituto de Resseguros do Brasil). No caso de não ser encontrada a classe de risco, a classificação será dada pelo CBMRS;
- As edificações serão classificadas pela tabela 1 da ABNT NBR 9077:2001, a qual traz grupos de uso, divisão, descrição para cada uma delas e exemplos para o correto enquadramento.

Para efeitos comparativos, serão apresentadas as classificações e exigências quanto ao sistema de chuveiros automáticos para edificações classificadas como

comerciais, indústrias e depósitos. Esse critério será mantido na adaptação das demais tabelas. Na Tabela 1, podemos observar a classificação para esse tipo de edificação.

Tabela 1 – Classificação das edificações quanto à sua ocupação pela NBR 9077:2001

| Grupo | Ocupação/Usos | Divisão | Descrição | Exemplos |
|-------|---|---------|---|--|
| C | Comercial varejista | C-1 | Comércio em geral, de pequeno porte | Armarinhos, tabacarias, mercearias, fruteiras, butiques e outros |
| | | C-2 | Comércio de grande e médio portes | Edifícios de lojas, lojas de departamentos, magazines, galerias comerciais, supermercados em geral, mercados e outros |
| | | C-3 | Centros comerciais | Centros de compras em geral (shopping centers) |
| I | Industrial, comercial de alto risco, atacadista e depósitos | I-1 | Locais onde as atividades exercidas e os materiais utilizados e/ou depositados apresentam médio potencial de incêndio. Locais onde a carga combustível não chega a 50 kg/m ² ou 1200 MJ/m ² e que não se enquadram em I-3 | Atividades que manipulam e/ou depositam os materiais classificados como de médio risco de incêndio, tais como fábricas em geral, onde os materiais utilizados não são combustíveis e os processos não envolvem a utilização intensiva de materiais combustíveis. |
| | | I-2 | Locais onde as atividades exercidas e os materiais utilizados e/ou depositados apresentam grande potencial de incêndio. Locais onde a carga combustível ultrapassa 50 kg/m ² ou 1200 MJ/m ² e que não se enquadram em I-3. Depósitos sem conteúdo específico. | Atividades que manipulam e/ou depositam os materiais classificados como de grande risco de incêndio, tais como marcenarias, fábricas de caixas, de colchões, subestações, lavanderias a seco, estúdios de TV, impressoras, fábricas de doces, aeroportos, oficinas de conserto de veículos e outros. |
| | | I-3 | Locais onde há alto risco de incêndio pela existência de quantidade suficiente de materiais perigosos. | Fábricas e depósitos de explosivos, gases e líquidos inflamáveis, materiais oxidantes e outros definidos pelas normas brasileiras, tais como destilarias, refinarias, elevadores de grãos, tintas, borracha e outros. |
| J | Depósitos de baixo risco | - | Depósito sem risco de incêndio expressivo. | Edificações que armazenam, exclusivamente, tijolos, pedras, areias, cimentos, metais e outros materiais incombustíveis. |

Fonte: Adaptada da ABNT NBR 9077:2001.

2.3.1.1.2 Exigência de Sistema Automático de Extinção de Incêndios pela Lei nº 10.987, de 11 de agosto de 1997

Conforme Art. 10 do Decreto nº 38.273, de 09 de março de 1998, se deve prever um sistema automático de extinção de incêndios nas seguintes situações:

- Risco grande (classificação dada pelo IRB), com área construída acima de 1.500 m²;
- Risco médio, com área construída acima de 3.000 m² ou mais de 20 m de altura, contados do piso do pavimento de saída até o piso do último pavimento habitável, conforme definição da ABNT NBR 9077/2001;

- Risco pequeno, com área construída acima de 5.000 m² ou 30 m de altura, conforme parâmetro anterior, não se aplicando para residenciais, que estão dispensados do sistema;
- Risco médio e grande, com área superior a 500 m², quando se localizar abaixo do nível da soleira de entrada e que não possua saída no nível.

Conforme parágrafo único do Art. 22 do Decreto nº 38.273, de 09 de março de 1998, prédios legalmente enquadrados como existentes não necessitam se adequar às exigências acima citadas.

2.3.1.2 Lei Complementar nº 14.376, de 26 de dezembro de 2013 - Pós-boate Kiss

A Lei Complementar nº 14.376, de 26 de dezembro de 2013 foi regulamentada pelo Decreto nº 51.803, de 10 de setembro de 2014. Ambas sofreram alterações e atualizações, sendo as últimas até a data deste trabalho dadas pela Lei Complementar nº 14.924, de 22 de setembro de 2016 e Decreto N.º 55.332, de 25 de junho de 2020. A exigência de APPCI manteve-se para todas as edificações, com as seguintes exceções, conforme Art. 4º da LC 14.376, de 26 de dezembro de 2013:

- Residências exclusivamente unifamiliares, inclusive utilizadas por empreendedor, caso não tenham atendimento ao público ou estoque de materiais e localizadas em edificações de ocupação mista (mais de um uso), no caso de possuir até dois pavimentos e acessos independentes;
- Atividades agrossilvipastoris, com exceção de silos e armazéns.

2.3.1.2.1 Classificação das edificações perante a Lei Complementar nº 14.376, de 26 de dezembro de 2013

O parágrafo 1º do Art. 7º da LC 14.376, de 26 de dezembro de 2013 determina que a classificação da ocupação e risco serão dados pelo Decreto 51.803, de 10 de setembro de 2014.

O referido decreto determina o grau de risco de incêndio da edificação, que depende da carga de incêndio, possuindo a seguinte definição pelo inciso X do Art.º 6 da LC 14.376, de 26 de dezembro de 2013:

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

Dependendo do valor da carga de incêndio da edificação, ela se enquadrará em uma das três classificações abaixo:

- Baixo – Carga de Incêndio até 300 MJ/m² (megajoule por metro quadrado);
- Médio – Carga de Incêndio acima de 300 até 1.200 MJ/m²;
- Alto – Carga de incêndio acima de 1.200 MJ/m².

As cargas de incêndio poderão ser determinadas a partir das seguintes situações, de acordo com as notas gerais da tabela 3 do Decreto 51.803, de 10 de setembro de 2014:

- Carga de incêndio específica determinada pela Tabela 3.1 do Decreto 51.803/2014, que leva em consideração apenas o uso e atividades exercidas na edificação e área de risco;
- Carga de incêndio específica determinada pela Tabela 3.2 do Decreto 51.803/2014, que leva em consideração a altura de empilhamento para cada tipo de material;
- Carga de incêndio específica através de método determinístico, método abordado pela Resolução Técnica CBMRS nº 03 – Carga de Incêndio – 2016, que leva em consideração a quantidade exata de um material em uma determinada área e, com a informação de seu potencial calorífico específico, calcula-se a carga de incêndio específica.

Ressalva-se que a classificação dos materiais quanto à sua carga de incêndio é referente apenas ao enquadramento em uma classe de riscos e para determinação da ocupação, a carga de incêndio não é levada em consideração para

o dimensionamento dos chuveiros automáticos em estocagem, a avaliação do risco deve ser feita, para esses casos, exclusivamente pela ABNT NBR 16.981:2021.

As ocupações das edificações e áreas de risco são dadas conforme Tabela 1 do Decreto 51.803, de 10 de setembro de 2014; abaixo, na Tabela 2, segue uma adaptação da tabela do Decreto, informando a classificação das edificações:

Tabela 2 – Classificação das edificações quanto à sua ocupação pelo Decreto 51.803/2014

| Grupo | Ocupação/Usos | Divisão | Descrição | Exemplos |
|-------|---------------|---------|--|---|
| C | Comercial | C-1 | Comércio com baixa carga de incêndio | Artigos de metal, louças, artigos hospitalares e outros. |
| | | C-2 | Comércio com média e alta carga de incêndio | Edifícios de lojas de departamentos, magazines, armarinhos, galerias comerciais, supermercados em geral, mercados e outros. |
| | | C-3 | Shopping centers | Centros de compras em geral (shopping centers). |
| I | Industrial | I-1 | Locais onde as atividades exercidas e os materiais utilizados apresentam baixo potencial de incêndio. Locais com carga de incêndio de até 300MJ/m ² . | Atividades que utilizam pequenas quantidades de materiais combustíveis. Aço, aparelhos de rádio e som, armas, artigos de metal, gesso, esculturas de pedra, ferramentas, jóias, relógios, sabão, serralheria, suco de frutas. |
| | | I-2 | Locais onde as atividades exercidas e os materiais utilizados apresentam médio potencial de incêndio. Locais com carga de incêndio acima de 300 até 1.200MJ/m ² . | Artigos de vidro, automóveis, bebidas destiladas, instrumentos musicais, móveis, alimentos, marcenarias, fábricas de caixas. |
| | | I-3 | Locais onde as atividades exercidas e os materiais utilizados apresentam alto potencial de incêndio. Locais com carga de incêndio acima 1.200MJ/m ² . | Atividades industriais que envolvam inflamáveis, materiais oxidantes, ceras, espuma sintética, beneficiamento de grãos, tintas, borracha, processamento de lixo. |
| J | Depósitos | J-1 | Depósito de material incombustível | Edificações sem processo industrial que armazenam tijolos, pedras, areias, cal, cimentos, metais não pirofóricos e outros materiais incombustíveis. Todos sem embalagem |
| | | J-2 | Todo tipo de Depósito | Depósitos com carga de incêndio até 300MJ/m ² |
| | | J-3 | Todo tipo de Depósito | Depósitos com carga de incêndio acima de 300 até 1.200MJ/m ² |
| | | J-4 | Todo tipo de Depósito | Depósitos com carga de incêndio acima de 1.200MJ/m ² |

Fonte: Adaptada do Decreto 51.803, de 10 de setembro de 2014.

2.3.1.2.2 Exigência de Sistema Automático de Extinção de Incêndios pela Lei Complementar nº 14.376, 26 de dezembro de 2013

Conforme parágrafo 17 do art. 6º da LC 14376, de 26 de dezembro de 2013, as edificações podem ser classificadas como existentes regularizadas, caso seja possível comprovar a área e atividade anteriormente a 26 de dezembro de 2013. Caso a edificação se enquadre nessa situação, ela deverá ter suas exigências de sistemas dadas por uma Resolução Técnica Específica, que nesse caso, atualmente, se trata da Resolução Técnica CBMRS nº 05 – parte 7.2, adaptadas na

Tabela 3, conforme orientações da tabela 4 do Decreto 51.803, de 10 de setembro de 2014.

Caso não se enquadre, as medidas deverão seguir as exigências de sistemas do decreto 51.803, de 10 de setembro de 2014, apresentadas na Tabela 4, para edificações com área construída superior a 750 m² e/ou altura superior a 12 m (contados do piso do pavimento de saída até o piso do último pavimento habitável).

Tabela 3 – Exigência do sistema de chuveiros automáticos para edificações existentes regularizadas com área superior à 750 m² ou 12 m de altura

| Divisão | Medida | Classificação quanto à altura (em metros) | | | | | |
|---------------|-------------------------------------|---|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|
| | | Térrea | H ≤ 6 | 6 < H ≤ 12 | 12 < H ≤ 23 | 23 < H ≤ 30 | Acima de 30 |
| C-1, I-1, J-1 | Compartimentação Horizontal (áreas) | - | - | - | - | - | - |
| | Chuveiros Automáticos | - | - | - | - | - | x |
| C-2 | Compartimentação Horizontal (áreas) | - | - | - | - | - | - |
| | Chuveiros Automáticos | - | - | - | - | x | x |
| C-3 | Compartimentação Horizontal (áreas) | x ¹ | x ¹ | x ¹ | x ¹ | x ¹ | x ¹ |
| | Chuveiros Automáticos | - | - | - | - | x | x |
| I-2 | Compartimentação Horizontal (áreas) | - | - | - | x ¹ | x ¹ | x ¹ |
| | Chuveiros Automáticos | - | - | - | - | - | x |
| I-3 | Compartimentação Horizontal (áreas) | - | - | x ¹ | x ¹ | x | x |
| | Chuveiros Automáticos | - | - | - | - | x | x |
| J-2 | Compartimentação Horizontal (áreas) | - | - | - | x ¹ | x ¹ | x |
| | Chuveiros Automáticos | - | - | - | - | - | x |
| J-3 | Compartimentação Horizontal (áreas) | - | - | - | x ² | x ² | x |
| | Chuveiros Automáticos | - | - | - | - | - | x |
| J-4 | Compartimentação Horizontal (áreas) | - | - | x ² | x ² | x ² | x |
| | Chuveiros Automáticos | - | - | - | - | - | x |

Notas específicas:

1 – Pode ser substituída por sistema de chuveiros automáticos.

2 - Pode ser substituída por sistema de chuveiros automáticos, ou sistema de cortinas automatizadas pára-chamas entre as áreas de compartimentação.

Fonte: Adaptada da Resolução Técnica CBMRS nº 05 – parte 7.2, 2021.

Tabela 4 – Exigência do sistema de chuveiros automáticos para edificações que não se enquadrem como existentes regularizadas com área superior à 750 m² ou 12 m de altura

| Divisão | Medida | Classificação quanto à altura (em metros) | | | | | |
|----------|-------------------------------------|---|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|
| | | Térrea | H ≤ 6 | 6 < H ≤ 12 | 12 < H ≤ 23 | 23 < H ≤ 30 | Acima de 30 |
| C-1 | Compartimentação Horizontal (áreas) | x ¹ | x ¹ | x ² | x ³ | x ³ | x ⁴ |
| | Chuveiros Automáticos | - | - | - | - | x | x |
| C-2, C-3 | Compartimentação Horizontal (áreas) | x ¹ | x ¹ | x ² | x ³ | x ³ | x ⁴ |
| | Chuveiros Automáticos | - | - | - | x | x | x |

| | | | | | | | |
|----------|-------------------------------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|---|
| I-1 | Compartimentação Horizontal (áreas) | - | - | x ¹ | x ¹ | x ¹ | x |
| | Chuveiros Automáticos | - | - | - | - | - | x |
| I-2 | Compartimentação Horizontal (áreas) | - | x ¹ | x ¹ | x ¹ | x | x |
| | Chuveiros Automáticos | - | - | - | - | x | x |
| I-3 | Compartimentação Horizontal (áreas) | x ¹ | x ¹ | x ¹ | x ¹ | x | x |
| | Chuveiros Automáticos | - | - | - | x | x | x |
| J-1 | Compartimentação Horizontal (áreas) | - | - | - | - | - | - |
| | Chuveiros Automáticos | - | - | - | - | - | x |
| J-2, J-3 | Compartimentação Horizontal (áreas) | x ¹ | x |
| | Chuveiros Automáticos | - | - | - | - | - | x |
| J-4 | Compartimentação Horizontal (áreas) | x ¹ | x ¹ | x ¹ | x ¹ | x | x |
| | Chuveiros Automáticos | - | - | - | - | x | x |

Notas específicas:

1 - Pode ser substituída por sistema de chuveiros automáticos.

2 - Pode ser substituída por sistema de detecção de incêndio em todas as áreas e chuveiros automáticos.

3 - Poderá ser substituído por controle de fumaça somente nos átrios, áreas de uso comum e rotas de fuga.

4 - Poderá ser substituído por sistema de controle de fumaça até 60 metros de altura.

Fonte: Adaptada do Decreto 51.803, de 10 de setembro de 2014.

Como pode ser observado, o sistema de chuveiros automáticos, pela legislação estadual para as ocupações identificadas, é apenas solicitado para edificações altas. Para edificações mais baixas, o sistema de chuveiros automáticos aparece como um substituto para a medida de compartimentação horizontal (áreas), que possuem a seguinte definição pela Resolução Técnica CBMRS nº 02 de 2014, que padroniza termos e definições utilizados no Estado do Rio Grande do Sul.

4.100 Compartimentação de áreas (vertical e horizontal)

Medidas de proteção passiva, constituídas de elementos de construção resistentes ao fogo, destinadas a evitar ou minimizar a propagação do fogo, calor e gases, interna ou externamente ao edifício, no mesmo pavimento ou para pavimentos elevados consecutivos.

4.101 Compartimentação horizontal

Medida de proteção, constituída de elementos construtivos resistentes ao fogo, separando ambientes, de tal modo que o incêndio fique contido no local de origem e evite a sua propagação no meio horizontal[...]

A Resolução Técnica de Transição de 2020 determina que o sistema de compartimentação horizontal deverá observar a Instrução Técnica nº 09 do Corpo de Bombeiros da Polícia Militar do Estado de São Paulo. O anexo B desta Instrução Técnica possui as áreas máximas para cada uma dessas compartimentações (adaptado na Tabela 5), que leva em consideração o uso e a altura das edificações, conforme definição dada anteriormente.

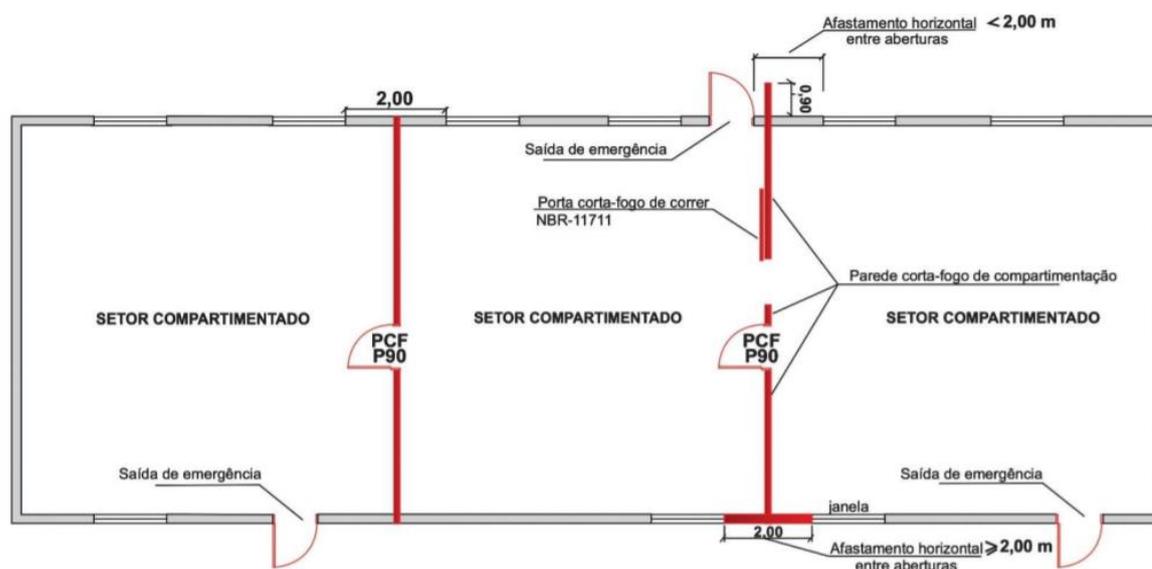
Tabela 5 – Tabela de compartimentação horizontal

| Divisão | Classificação quanto à altura (em metros) | | | | | |
|----------|---|--------|------------|-------------|-------------|-------------|
| | Térrea | H ≤ 6 | 6 < H ≤ 12 | 12 < H ≤ 23 | 23 < H ≤ 30 | Acima de 30 |
| C-1, C-2 | 5.000 | 3.000 | 2.000 | 2.000 | 1.500 | 1.500 |
| C-3 | 5.000 | 2.500 | 1.500 | 1.000 | 2.000 | 2.000 |
| I-1 | - | 10.000 | 5.000 | 3.000 | 1.500 | 2.000 |
| I-2 | - | 10.000 | 5.000 | 3.000 | 2.000 | 2.000 |
| I-3 | 7.500 | 5.000 | 3.000 | 2.000 | 1.500 | 1.500 |
| J-1 | - | - | - | - | - | - |
| J-2 | 10.000 | 5.000 | 3.000 | 1.500 | 2.000 | 1.500 |
| J-3, J-4 | 4.000 | 3.000 | 2.000 | 2.500 | 1.500 | 1.000 |

Fonte: Adaptada Instrução Técnica 09/2020.

A instrução técnica apresenta um exemplo de implementação de compartimentação horizontal, conforme pode ser observado na Figura 7:

Figura 7 – Compartimentação horizontal



Fonte: Instrução Técnica 09/2020 de SP.

2.3.2 Normas Brasileiras

Atualmente há um cenário favorável no quesito de chuveiros automáticos quanto à normas técnicas, visto que as três principais normas, que citaremos a seguir, foram atualizadas recentemente.

2.3.2.1 ABNT NBR 10.897:2020

Essa norma que traz requisitos mínimos de projeto e instalação de sistemas de proteção contra incêndio por chuveiros automáticos, além de detalhes dos materiais e acessórios envolvidos, conforme escopo, atualizando a ABNT NBR de mesmo número de 2014. Ela não contempla edificações destinadas a armazenamento, conforme item 4.4 desta mesma norma, que cita que “Qualquer tipo de armazenamento, mesmo transitório, e de qualquer altura, deve ser protegido de acordo com a ABNT NBR 13.792” (ABNT, 2014).

É citada a ABNT NBR 13.792, porém, no ano de 2021, esta foi cancelada e substituída pela ABNT NBR 16.981:2021, que será abordada no item a seguir.

Além de armazenamentos, a norma apresenta em sua tabela A.2 alguns riscos especiais, que necessitam critérios de projeto e instalações adicionais que não são tratados na referida NBR como, por exemplo, fábrica de extração de óleo vegetal com solventes, torres de resfriamento, hangares de fabricação e manutenção de aviões etc.

2.3.2.2 ABNT NBR 16.981:2021

Essa norma que especifica requisitos adicionais aos apresentados na ABNT NBR 10.897:2020, voltado para áreas de armazenamento, com algumas exceções, incluindo detalhes sobre o suprimento de água e seleção dos chuveiros automáticos, conforme escopo. Esta não abrange os seguintes tipos de armazenamentos:

- Estruturas temporárias do tipo galpão de lona vinílica ou similares;
- Materiais armazenados a granel;
- Armazenamento de líquidos inflamáveis e combustíveis;
- Armazenamento ao ar livre;
- Armazenamento de materiais explosivos, pirotécnicos e pirofóricos;
- Áreas de armazenamento sujeitas a congelamento, ou outras áreas que requeiram sistemas de proteção contra incêndio por meio de chuveiros automáticos com tubo seco.

A ABNT NBR 16.981:2021 cancela e substitui a ABNT NBR 13.792:1997, que se encontrava obsoleta e não atendia diversas situações, pois ela contemplava

apenas a prevenção em armazenagem para situações até, no máximo, 9,1 m de altura. Além disso, não era contemplada a prevenção para estruturas porta-paletes.

2.3.2.3 ABNT NBR 16.400:2018

Essa norma que estabelece os requisitos mínimos de construção e ensaios a serem realizados para certificações dos chuveiros automáticos, conforme escopo. Trata-se da revisão da ABNT NBR 16.400:2015, que, segundo Viana (2018, p.65), trouxe uma melhora significativa ao mercado:

A edição da nova norma foi um passo importante para a qualificação do mercado brasileiro de sprinklers, pois houve um salto quantitativo e qualitativo em relação à anterior. Até 2015 eram exigidos nove ensaios; na atual são 19, sendo 17 direcionados aos sprinklers de cobertura padrão e ESFR (supressão imediata e resposta rápida) e dois ensaios exclusivos para sprinklers ESFR.

Após a sua publicação, a ABNT NBR 10.897:2020 passou a exigir chuveiros automáticos certificados.

2.3.3 Normas técnicas complementares

Embora no cenário atual existam normas técnicas atualizadas, ainda existem normas que possuem parâmetros importantes que devem ser levados em consideração.

Primeiramente a NFPA-13 (*Standard for the Installation of Sprinklers Systems*), que serve como base para a elaboração das NBRs 10.897 e 16.981. Por apresentar maior frequência de lançamentos, possui revisões nas exigências à medida que novos ensaios vão sendo realizados.

A FM Global, empresa privada de seguros já mencionada anteriormente, publica diversas normas técnicas chamadas de *data sheet* (ficha de dados), sendo o *data sheet 8-9* uma das normas de referência para a elaboração da atualizada NBR 16.981:2021. Possui diferenças em alguns critérios de prevenção, sendo necessária a consulta desse material se for contratada a empresa.

A IT24 de São Paulo – Sistema de chuveiros automáticos para áreas de depósito, atualizada em 2019, e que teve sua primeira publicação no ano de 2011, foi a primeira publicação nacional posterior à NBR 13.792:1997 que trouxe

parâmetros mais atuais para a prevenção de incêndio por chuveiros automáticos em áreas de depósitos, e evidenciou a necessidade de atualização da referida norma.

2.4 CLASSIFICAÇÕES PARA DIMENSIONAMENTO DO SISTEMA

Para um correto dimensionamento do sistema de chuveiros automáticos, se faz necessário conhecer todas as atividades que serão realizadas no local e, nos casos de armazenamento, necessita-se conhecer os materiais que serão estocados, além do arranjo destes. As classificações para essas características são determinadas pelas NBR 10.897/2020 e 16.981/2021. Ressalva-se que essas classificações independem daquelas trazidas no item 2.3.1 deste trabalho, que servem para avaliar as medidas de prevenção contra incêndio necessárias na edificação.

2.4.1 Quanto à ABNT NBR 10.897:2020

A norma traz classificações para diferentes tipos de ocupações. Conforme Wollentarski Júnior (2015), uma edificação não deve ser classificada por um único risco, mas se deve considerar cada uso dentro da edificação, ou seja, em uma única edificação que possui lojas, escritórios e estacionamento, teremos três classificações diferentes de ocupação.

No caso da inexistência de isolamento físico ou divisórias, capazes de impedir por algum tempo que o calor do fogo acione os chuveiros da área adjacente, se faz necessário estender os chuveiros da ocupação de maior demanda 4,50 m além do seu perímetro.

2.4.1.1 Ocupações

As classificações aplicáveis e suas características são dadas pelo item 4 da ABNT NBR 10.897:2020, com o complemento do Anexo A desta mesma NBR, onde nos traz exemplos de usos para cada uma das classificações. A Tabela 6 adapta algumas dessas classificações:

Tabela 6 – Classificação das ocupações conforme ABNT NBR 10897:2020

| Ocupações | Características | Exemplos |
|-------------------------------|--|---|
| Risco Leve | Quantidade de materiais combustíveis baixa, tendendo a moderada Combustibilidade do conteúdo baixa, tendendo a moderada Taxa de liberação de calor de baixa a média | Igrejas, clubes, escolas públicas e privadas (1º, 2º e 3º graus), hospitais com ambulatórios, cirurgia e centros de saúde. Hotéis, edifícios residenciais, museus, asilos, prédios de escritórios, áreas de refeição em restaurantes, prédios da administração pública, bibliotecas sem prateleiras altas. |
| Risco Ordinário Grupo I | Quantidade de materiais combustíveis moderada Combustibilidade do conteúdo baixa Taxa de liberação de calor moderada | Estacionamentos de veículos e showrooms, padarias, fabricação de bebidas (refrigerantes, sucos), fábricas de conservas, processamento e fabricação de produtos lácteos, fábricas de produtos eletrônicos, fabricação de vidro e produtos de vidro, lavanderias, áreas de serviços de restaurantes. |
| Risco Ordinário Grupo II | Quantidade de materiais combustíveis moderada a alta Combustibilidade do conteúdo moderada a alta Taxa de liberação de calor alta | Moinhos de grãos, confeitarias, destilarias, instalações para lavagem a seco, fábricas de ração animal, fabricação de produtos de couro, bibliotecas com prateleiras altas, áreas de usinagem, indústria metalúrgica, lojas, fábricas de papel e celulose, processamento de papel, correios, gráficas, oficinas mecânicas, palcos, fabricação de pneus, indústrias têxteis. |
| Risco Extraordinário Grupo I | Quantidade de materiais combustíveis muito alta Combustibilidade do conteúdo muito alta Presença de pós e outros materiais que provocam incêndios de rápido desenvolvimento Não permitido líquidos combustíveis e inflamáveis | Hangares, áreas de uso de fluídos hidráulicos combustíveis, fundições, extrusão de metais, 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 II | Moderada e substancial quantidade de líquidos combustíveis ou inflamáveis | Aplicação de líquidos inflamáveis por spray, processamento de plásticos, limpeza com solventes |
| Áreas de Armazenamento | Qualquer tipo de armazenamento, mesmo transitório, e de qualquer altura. | Galpões logísticos. |

Fonte: Adaptada da ABNT NBR 10897:2020.

2.4.2 Quanto à ABNT NBR 16.981:2021

A ABNT NBR 16.981:2021 apresenta requisitos para a proteção contra incêndio em áreas de armazenamento, portanto, em situações em que a edificação se enquadre como tal pela ABNT NBR 10.897:2020, esta norma deverá ser consultada.

Para a definição de como deverá ser dimensionado o sistema, as mercadorias deverão ser classificadas, além de ser necessário conhecer a maneira que elas

serão estocadas, a altura da edificação, altura de armazenamento e *layout* do estoque.

2.4.2.1 Mercadorias

Para efeitos de classificação, conforme definição da ABNT NBR 16.981:2021, as mercadorias são o “conjunto formado por produto, embalagem, recipientes, envoltórios, paletes ou qualquer outro componente que possa influenciar na combustibilidade do conjunto” (ABNT, 2021).

Podem possuir as seguintes classificações, conforme item 3.16 da ABNT NBR 16.981:2021:

- Mercadorias de classes I, II, III e IV;
- Plásticos A, B e C, que dependem de sua reação ao fogo, conforme nota do item 3.16.2 da ABNT NBR 16.981:2021, sendo que a classificação A se trata do plástico com pior reação ao fogo. A norma traz exemplos de plásticos para cada uma das classificações;
- Bobinas de papel (subdivididos pela sua gramatura) e dardos de aparas de papel;
- Pneus;
- Materiais não tecido (filmes fibrilados/fendilhados, malhas, malhas/redes extrudadas);
- Algodão em fardos e paletes vazios.

Abaixo segue tabela adaptada da ABNT NBR 16.981:2021, onde apresenta a definição das classes I até IV e alguns exemplos:

Tabela 7 – Classificação das mercadorias conforme ABNT NBR 16.981:2021

| Classes | Características | Exemplos |
|-----------|--|---|
| Classe I | Produtos essencialmente incombustíveis, sem embalagem, em cima de paletes de madeira Produtos essencialmente incombustíveis, em caixas de papelão de camada única, com ou sem divisórias, colocados ou não sobre paletes Produtos essencialmente incombustíveis, envoltos em filme plástico ou papel, colocados ou não sobre paletes | Alimentos em geral em latas ou em caixas de papelão, bebidas alcoólicas, com ou sem caixa de papelão e com até 20% de álcool em recipientes de metal, vidro ou cerâmica, cimento em saco, leite em recipiente de papel revestidos ou não com cera e em recipientes plásticos, motores elétricos, transformadores a seco ou com óleo isolante. |
| Classe II | Produtos essencialmente incombustíveis, colocados em engradados de madeira, caixas de madeira ou de papelão de multicamadas. Podem estar ou não sobre paletes de madeira | Amortecedores, alimentos em geral, em bandejas de papel ou de plástico expandido, bebidas alcoólicas, com até 20% de álcool em recipientes de madeira, couros e peles em |

| | | |
|------------|---|--|
| | Materiais cujas embalagens tenham combustibilidade equivalente, colocados ou não sobre paletes de madeira | fardos, livros e revistas em pilha sólida sobre palete ou livros e revistas inacabadas. |
| Classe III | Produtos de madeira, papel, tecidos de fibras naturais, plásticos do Grupo C e produtos similares, estocados em caixas de papelão, madeira ou engradados, colocados ou não sobre paletes de madeira. Limitação de no máximo 5% de peso ou volume para plásticos do grupo B | Artigos de couro (calçados, luvas, cintos e bolsas), alimentos secos fracionados, embalados e acondicionados em caixas de papelão, alimentos congelados em bandejas plásticas, algodão em caixas de papelão, carvão vegetal em sacos, colchões de molas, sem o uso de plástico expandido, linha em carretéis, de madeira ou papel, produtos de madeira (palitos, pregadores, cabides, portas, janelas, armários e móveis), produtos de papel (livros, revistas, papéis para impressora). |
| Classe IV | Mercadorias de classe I, II ou III, contendo na embalagem ou produto, 5 à 15% em peso ou 5 à 25% em volume de plásticos do grupo A. Produtos feitos com plásticos do grupo B. Materiais plásticos do grupo A sujeitos a derramamento. | Armas leves e de caça embaladas em caixas de papelão, borracha natural, em blocos em caixas de papelão, fraldas descartáveis, com plástico e material não tecido, em caixas de papelão, móveis em madeira com cobertura plástica, medicamentos, pílulas e pós em frascos plásticos em caixas de papelão. |

Fonte: Adaptada da ABNT NBR 16981:2021.

Em relação aos plásticos, deve-se levar em consideração também:

- Se estes estão sujeitos a derramamento, caso caiam de suas embalagens, pois neste caso, se cria um efeito abafamento, dificultando a propagação do incêndio;
- Se estes estão expostos ou não;
- Se os plásticos em questão são expansíveis.

2.4.2.2 Métodos de estocagem

Quanto aos métodos de estocagem, a ABNT NBR 16.981:2021 fala sobre 4 principais métodos, conforme item 3.17:

- Armazenamento paletizado – produtos armazenados diretamente sobre paletes, sem utilização de estruturas porta-paletes, conforme Figura 8;

Figura 8 – Armazenamento paletizado sem utilização de estruturas porta-paletes



Fonte: Caixa Palete... (2022).

- Pilhas sólidas – o armazenamento é feito diretamente no piso em áreas pré-determinadas, sem auxílio de estruturas, suportes ou paletes;
- Armazenamento em estantes (simples ou compartimentadas) – são estruturas com menos de 750 mm de profundidade e espaçamento vertical aproximado de 600 mm, com corredores de aproximadamente 750 mm. No caso de as estantes serem compartimentadas, são previstas divisórias verticais a cada 1.200 mm no máximo. A Figura 9 demonstra um exemplo de estocagem com estante simples;

Figura 9 – Armazenamento em estante simples



Fonte: Prateleiras..., (2022).

- Estrutura porta-paletes – se refere a qualquer combinação de elementos estruturais verticais, horizontais e diagonais, destinado a apoiar as mercadorias, juntamente com o auxílio de paletes. Podem ser enquadrados como de fila única, duplas ou múltiplas, dependendo de sua largura máxima atingida. A Figura 10 demonstra um exemplo de estocagem desse tipo.

Figura 10 – Estrutura porta-paletes



Fonte: O que é estrutura..., (2019).

Outras legislações e normas trazem métodos de estocagem adicionais como, por exemplo, a Instrução Técnica nº 24/2019 de SP – Sistema de chuveiros automáticos para áreas de depósito, que aborda a estocagem de materiais em caixas do tipo bin-box, que são “caixas de metal, madeira, plástico ou papelão, com 5 lados fechados e 1 aberto, normalmente voltado para o corredor, para permitir acesso ao conteúdo[...]” (SÃO PAULO, 2019). A Figura 11 demonstra um exemplo de estocagem desse tipo.

Figura 11 – Armazenamento por caixas do tipo bin-box

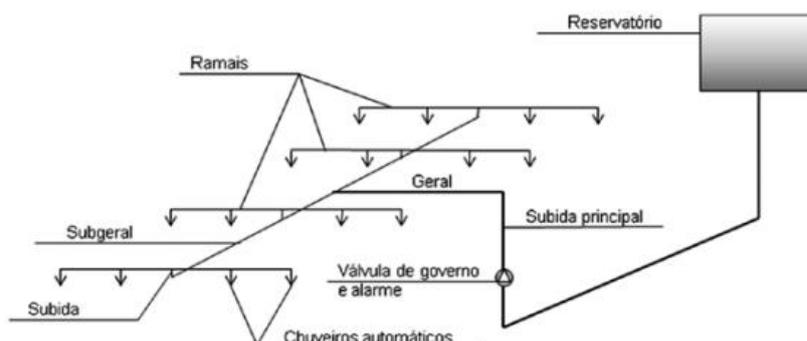


Fonte: Estante..., (2022).

2.5 COMPONENTES DO SISTEMA

Serão abordados, neste tópico, os principais sistemas que garantem o funcionamento do sistema, citando suas funções, algumas variações de componentes e suas diferenças e aplicações. A Figura 12 demonstra uma arquitetura básica do sistema de chuveiros automáticos onde se pode observar seus principais componentes.

Figura 12 – Principais componentes do sistema de chuveiros automáticos



Fonte: Seito *et al.* (2008, p. 243).

2.5.1 Chuveiros Automáticos

Brentano (2016, p. 220) dá a seguinte definição aos chuveiros automáticos:

Os chuveiros automáticos são dispositivos com elemento termossensível, projetados para serem acionados em faixas de temperaturas pré-determinadas, lançando automaticamente água sob a forma de aspersão sobre determinada área de cobertura, com vazão e pressão mínimas especificadas por norma, para controlar ou extinguir um foco de fogo [...]

Desde o ano de 2018, existe uma norma técnica nacional que traz parâmetros para a certificação deste material, a ABNT NBR 16.400, já citada anteriormente. O bico é constituído por cinco principais componentes, conforme as seguintes definições desta mesma norma:

- Corpo – se refere ao componente do chuveiro automático provido de rosca para fixação, braços e orifício de descarga, funcionando como suporte para os demais componentes do chuveiro automático;
- Defletor – elemento destinado a quebrar o jato compacto, de modo a distribuir a água em um padrão de guarda-chuva;
- Obturador – realiza a vedação do orifício de descarga nos chuveiros automáticos;
- Elemento termossensível – libera o obturador pelo efeito da elevação de temperatura, ao ser atingida a temperatura de operação do chuveiro automático;
- Orifício – local por onde a água é descarregada da rede.

A Figura 13 identifica os principais componentes de um chuveiro automático citados anteriormente:

Figura 13 – Partes principais constituintes de um chuveiro automático



Fonte: Certificação..., (2017).

Além destes componentes, a ABNT NBR 16.400 classifica, ainda, o disco de proteção (*water shield*) como um elemento constituinte, porém este é exclusivo para chuveiros automáticos instalados intraprateleira, que tem como intuito protegê-lo da descarga dos chuveiros superiores, já que, caso este seja atingido pela descarga dos chuveiros superiores, retardará o acionamento deste, comprometendo o controle do incêndio.

Os chuveiros automáticos possuem diferentes classificações e características, que deverão ser especificados no projeto, atentando-se aos usos e restrições estabelecidas tanto pelo fabricante quanto às normas. O Quadro 1 exemplifica algumas das principais características e especificações dos chuveiros automáticos:

Quadro 1 – Resumo das características dos chuveiros automáticos

| Elemento Termossensível | Liga fusível | | | | Ampola de vidro | | | |
|---|------------------|---------------|---------|-----|---------------------|------------------|------------|-----|
| Temperatura de Acionamento | Ordinária | Intermediária | Alta | | Extra-alta | Extra-extra-alta | Ultra-alta | |
| Coeficiente de Descarga | 80 | 115 | 160 | 200 | 240 | 280 | 320 | 360 |
| Distribuição de Água | Cobertura Padrão | | | | Cobertura Estendida | | | |
| Velocidade de Operação | Resposta rápida | | | | Resposta padrão | | | |
| Orientação de Instalação | Em pé | | Lateral | | | Pendente | | |
| Características de desempenho e projeto | CMDA | | CCAE | | | ESFR | | |

Fonte: Elaborado pelo autor.

2.5.1.1 Elemento Termossensível

Os chuveiros automáticos do tipo liga fusível e ampola de vidro possuem desempenho equivalente e podem ser usados indistintamente (NBR 16.400:2018). Abaixo segue a descrição de cada um deles:

- Ampola de vidro – liberação do obturador pela sua ruptura, que se dá devido à expansão do fluido dentro da ampola de vidro sob a ação do calor do ambiente;
- Liga fusível – liberação do obturador pela fusão de seus componentes sob a influência do calor do ambiente.

A Figura 14 identifica dois modelos, um com cada tipo de elemento termossensível:

Figura 14 – Elementos termo sensíveis nos chuveiros automáticos



Tipo ampola de vidro

Tipo Liga Fusível

Fonte: Sprinklers..., (2021).

2.5.1.2 Temperatura de Acionamento

Conforme Brentano (2016), o acionamento dos chuveiros automáticos não ocorre em uma temperatura já determinada, e sim em uma faixa de temperatura. A Tabela 8 demonstra as classificações de temperatura e suas respectivas representações, sendo que os chuveiros automáticos de liga fusível devem ter seus braços pintados conforme código de cores e os de bulbo de vidro devem ter o líquido colorido:

Tabela 8 – Limites de temperatura, classificação e código de cores dos chuveiros automáticos

| Máxima temperatura no teto (°C) | Limites de temperatura (°C) | Classificação da temperatura | Código de cores | Cor do líquido do bulbo de vidro |
|---------------------------------|-----------------------------|------------------------------|------------------|----------------------------------|
| 38 | 57-77 | Ordinário | Incolor ou preta | Vermelha ou laranja |
| 66 | 79-107 | Intermediária | Branca | Amarela ou verde |
| 107 | 121-149 | Alta | Azul | Azul |
| 149 | 163-191 | Extra-alta | Vermelha | Roxa |
| 191 | 204-246 | Extra-extra-alta | Verde | Preta |
| 246 | 260-302 | Ultra-alta | Laranja | Preta |
| 329 | 343 | Ultra-alta | Laranja | Preta |

Fonte: Adaptada da ABNT NBR 10.897:2020.

2.5.1.3 Coeficiente de Descarga K

Os chuveiros automáticos possuem um fator de descarga K, que se trata de uma relação entre vazão e pressão, determinado pela equação abaixo:

$$K = \frac{Q}{\sqrt{P}} \quad \text{Equação 1}$$

Onde:

K – fator de descarga ($L/min/bar^{1/2}$)

Q – vazão (L/min)

P – pressão (bar)

Ou seja, quanto maior o fator K, do chuveiro automático, maior a quantidade de água que sairá para um mesmo valor de pressão. A Tabela 9 traz valores respectivos de K para diferentes diâmetros de chuveiro automático.

Tabela 9 – Diâmetros e valor K

| Diâmetro nominal do chuveiro automático | | Fator de vazão nominal K | |
|---|-------|--------------------------|-----------------|
| mm | pol | $L/min/bar^{1/2}$ | $gpm/psi^{1/2}$ |
| 6,4 | 1/4 | 20 | 1,4 |
| 8 | 5/16 | 25 | 1,9 |
| 9,5 | 3/8 | 40 | 2,8 |
| 11 | 7/16 | 60 | 4,2 |
| 12,7 | 1/2 | 80 | 5,6 |
| 13,5 | 17/32 | 115 | 8,0 |
| 15,9 | 5/8 | 160 | 11,2 |
| 19 | 3/4 | 200 | 14,0 |
| 20,6 | 13/16 | 240 | 16,8 |
| 22,2 | 7/8 | 280 | 19,6 |
| 23,8 | 15/16 | 320 | 22,4 |
| 24,6 | 31/32 | 360 | 25,2 |
| 25,4 | 1 | 400 | 28,0 |

Fonte: Adaptada da ABNT NBR 10.897:2020.

2.5.1.4 Distribuição de Água

Em relação à área de distribuição de água, podem ser classificados como chuveiros de cobertura padrão ou estendida. Segundo Brentano (2016), os chuveiros automáticos de cobertura estendida possuem alterações físicas em seu defletor que o permite proteger um espaço maior, e são utilizados em locais onde se deseja

reduzir o número total de chuveiros automáticos e canalização, já que sua área de cobertura pode chegar a ser até 70% maior em relação ao bico padrão.

2.5.1.5 Velocidade de Operação

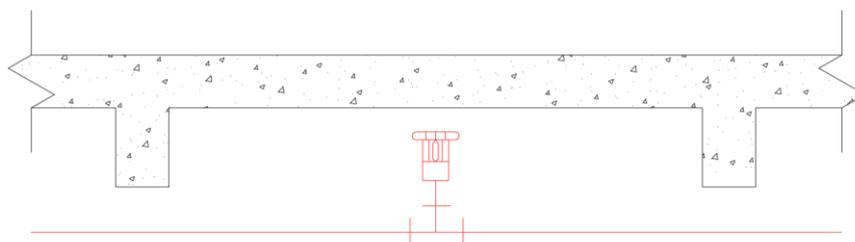
Em relação à velocidade, os chuveiros automáticos podem ser classificados como de resposta rápida ou resposta padrão, conforme item 3.4 da ABNT NBR 16.400:2018. Conforme Brentano (2016), os chuveiros de resposta rápida possuem uma ampola de vidro com diâmetro de, no mínimo, 40% menor que os bicos de resposta padrão. Para edificações de risco leve, devem ser usados exclusivamente chuveiros de resposta rápida, conforme ABNT NBR 10.897:2020.

2.5.1.6 Orientação de Instalação

Em relação à orientação de instalação, os chuveiros automáticos podem ser classificados, principalmente, como chuveiros em pé, lateral e pendente, conforme item 3.5 da ABNT NBR 16.400:2018 e se caracterizam conforme a seguir:

- Chuveiro pendente – jato direcionado para baixo, contra o defletor;
- Chuveiro lateral – projetado para ser instalado em paredes, descarregando água na direção oposta ao local de onde está instalado;
- Chuveiro em pé – jato direcionado para cima, contra o defletor, ideal para contornar vigas, visto que a tubulação pode ser instalada abaixo das vigas, conforme Figura 15.

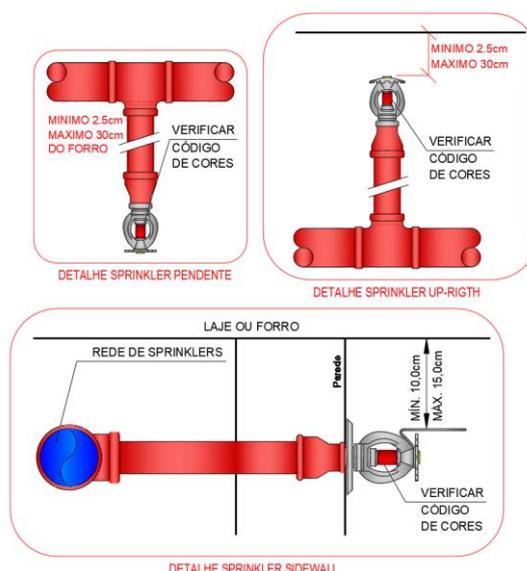
Figura 15 – Chuveiro automático em pé instalado no vão entre vigas



Fonte: Elaborado pelo autor

A Figura 16 ilustra exemplos de chuveiros automáticos quanto a sua orientação.

Figura 16 – Chuveiros automáticos conforme sua orientação



Fonte: Elaborado pelo autor.

Além das classificações citadas anteriormente, o item 3.5 traz outras classificações como, por exemplo, os chuveiros flush, embutido e oculto que, por questões de estética, não ficam visíveis, porém possuem características que não comprometem o controle do incêndio, visto que não possui o seu acionamento retardado.

2.5.1.7 Características de desempenho e projeto

Além dos chuveiros CMDA (*Control Mode Density Area*), também chamados de chuveiros de tipo *spray*, que são os chuveiros apontados anteriormente, destinados ao controle do incêndio, a ABNT NBR 16.400:2018 traz mais dois tipos de chuveiros que possuem utilizações específicas de projeto, conforme item 3.7:

- CCAE (Chuveiro automático de Controle para Aplicações Específicas) ou CMSA (*Control Mode Specific Application*) – atua no modo de controle e produz gotas grandes de água, indicado para incêndios de alta densidade, e possui funcionamento semelhante aos chuveiros CMDA, porém esses chuveiros foram aprovados nos ensaios em que foram utilizadas maiores alturas de empilhamento e diferentes materiais e, por esse motivo, possuem uma classificação distinta e tabelas independentes de critérios de classificação na ABNT NBR 16.792:2021;

- ESFR (Chuveiro automático de Resposta e Extinção Rápidas ou *Early Suppression and Fast Response sprinkler*) – atua no modo de supressão, possui resposta rápida e distribui água em grande quantidade com a adição de um jato central, característica que faz esse tipo de bico ser altamente indicado para armazenamento, porém, possuindo algumas limitações, não sendo seu uso permitido para estruturas porta-paletes com prateleiras sólidas e locais com recipientes sem tampa, por exemplo. A Figura 17 traz um modelo desse tipo de chuveiro:

Figura 17 – Chuveiro Automático ESFR

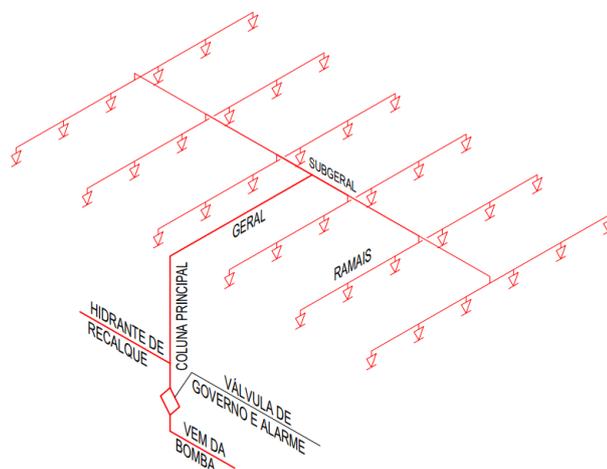


Fonte: Sprinklers..., (2021).

2.5.2 Redes de distribuição (ramais)

Conforme Figura 18, as redes que interligam os chuveiros automáticos até a válvula de governo, que será abordada posteriormente, possuem as seguintes divisões conforme item 3.10 da ABNT NBR 10.897:2020:

Figura 18 – Elementos de rede



Fonte: Elaborado pelo autor.

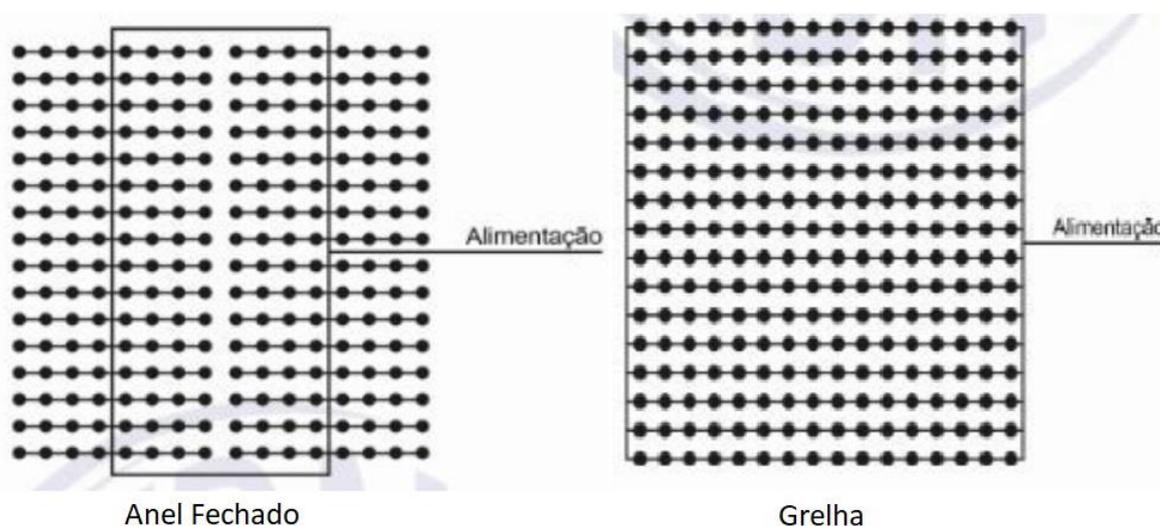
- Ramais – tubulação que interliga os chuveiros automáticos e a subgeral;
- Subgeral – tubulação que interliga os ramais e a geral;
- Geral – tubulação que interliga a subgeral e a coluna principal;
- Coluna principal – onde é instalada a válvula de governo, interligando a geral com a bomba de incêndio ou reserva técnica.

2.5.2.1 Disposições

Trata-se de como as canalizações são distribuídas a partir da coluna principal, possuindo três grupos principais, classificados de acordo com o fluxo da água:

- Aberto – também chamada de espinha de peixe por algumas nomenclaturas. A água percorre em apenas uma direção. A Figura 18, mostrada anteriormente, demonstra um exemplo de rede aberta;
- Anel fechado – a água percorre em dois sentidos na subgeral e em apenas um sentido nos ramais, ou seja, a água chega em apenas um sentido diretamente nos chuveiros automáticos, conforme Figura 19;
- Grelha – a água percorre em dois sentidos nos ramais, conforme Figura 19.

Figura 19 – Disposições por Anel Fechado e Grelha



Fonte: Adaptado da NBR 10.897:2020.

2.5.2.2 Materiais

Os tubos não enterrados podem ser de cobre, aço carbono, aço galvanizado, aço inoxidável e CPVC, devendo atender às normas nacionais aplicáveis. Tubulações de CPVC são permitidas apenas para edificações de risco leve em que a pressão da rede não ultrapasse 1,21 Mpa e temperaturas até 65°C, conforme item 5.3.4 da ABNT NBR 10.897:2020.

Tubulações aparentes devem ser identificados na cor vermelho-segurança, conforme item 5.1.4 da ABNT NBR 10.897:2020, sendo que, opcionalmente, pode-se utilizar anéis pintados em vermelho, com 20 cm de largura, afastados a cada 5 m. Essa regra não se aplica para tubulações de CPVC. Para tubulações enterradas, adicionalmente, pode-se utilizar tubulação PEAD.

A união entre as tubulações pode ser feita por conexões dos mesmos materiais citados anteriormente, em alguns casos podendo ser soldados. Outra solução muito utilizada são os acoplamentos mecânicos ranhurados.

2.5.3 Válvulas

Segundo Brentano (2016), as válvulas são dispositivos estrategicamente localizados, com intuito de liberar, controlar e interromper o escoamento da água. Como apontado pela ABNT NBR 10.897:2020, as válvulas que compõe o sistema de chuveiros automáticos devem ser construídas de maneira que não possam ser fechadas em menos de 5 segundos. A seguir serão listadas algumas classificações de válvulas utilizadas no sistema de chuveiros automáticos.

2.5.3.1 Válvulas de Bloqueio

Destinadas a interromper completamente o fluxo de água, podem ser utilizadas apenas como *totalmente abertas* ou *totalmente fechadas*, conforme especificações de fabricantes. Um exemplo de válvula de bloqueio são as válvulas de gaveta, conforme Figura 20.

Figura 20 – Válvula de Gaveta

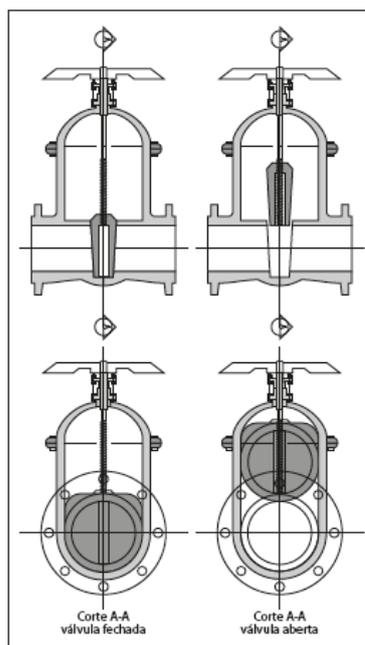


Figura A-10.2.1.1-a – Válvula de gaveta.

Fonte: Azevedo Netto (2015, p. 233).

Segundo Secco (1982, p. 14), as válvulas de bloqueio “devem existir nas redes para possibilitar o isolamento de trechos da rede, para que em caso de acidentes ou manutenção, pelo seu acionamento a maior parte da rede ainda permaneça funcionando”.

2.5.3.2 Válvula de Controle de Fluxo

A Válvula de Controle de Fluxo diferencia-se das válvulas de bloqueio por ser possível regular a sua vazão, já que não trabalha apenas nas posições *totalmente abertas* ou *totalmente fechadas*, porém por apresentar maiores perdas de carga, são instaladas apenas em locais de drenagem e teste no sistema de chuveiros automáticos.

2.5.3.3 Válvula de Retenção

As Válvulas de Retenção são instaladas na rede para permitir a passagem de água em sentido único, de modo a proteger os equipamentos das instalações hidráulica de recalque do *golpe de aríete* em caso de desligamento da pressurização. A Figura 21 mostra um exemplo de válvula de retenção.

Figura 21 – Válvula de retenção do tipo portinhola

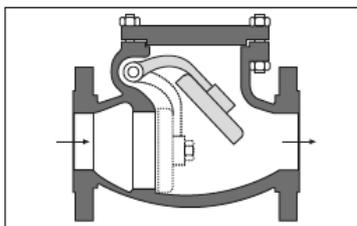


Figura A-10.2.1.12-a – Válvula de retenção tipo portinhola.

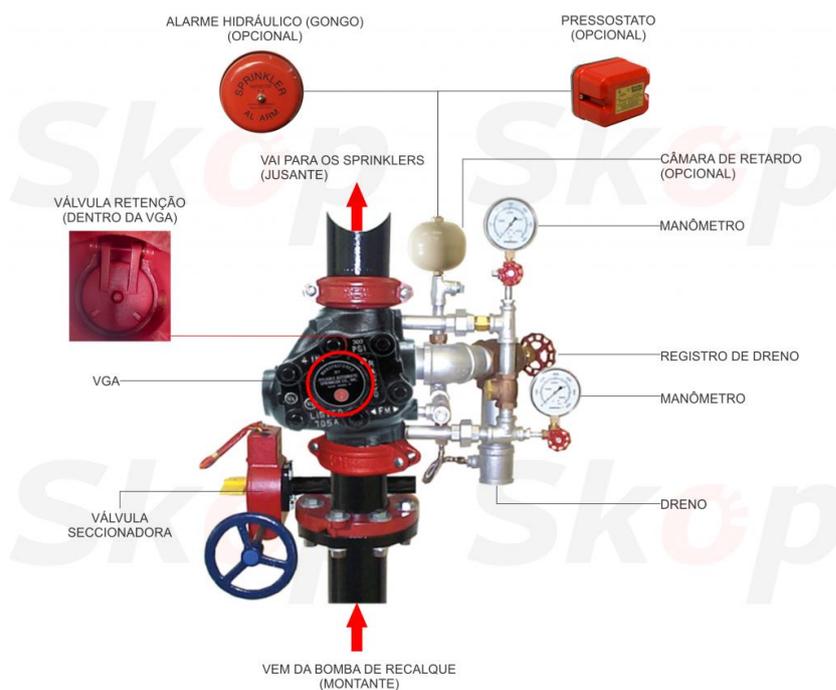
Fonte: Azevedo Netto (2015, p. 240).

Conforme Brentano (2016, p. 138) “Esse tipo de válvula de retenção é o mais usado e que apresenta a menor perda de carga, porque a trajetória do escoamento da água não sofre mudanças de direção.”.

2.5.3.4 Válvula de Governo e Alarme

Conforme Brentano (2016), a válvula é aberta ao ser detectada ao baixar a pressão da rede, consequência do rompimento da ampola do chuveiro automático. Parte da água escoo para o circuito hidráulico de alarme, acionando o gongo do alarme hidráulico. A Figura 22 demonstra um exemplo de VGA, que é utilizado em Sistemas de Tubo Molhado, que será abordado posteriormente.

Figura 22 – Válvula de Governo e Alarme (VGA)



Fonte: Válvula..., (2018).

2.5.4 Bombas de Incêndio

As bombas mais indicadas para serem utilizadas em instalações de combate à incêndio são as centrífugas puras ou de escoamento radial, pois, segundo Brentano (2016, p. 355) “são compactas, confiáveis, seguras, de fácil manutenção e podem ser acionadas tanto por motores elétricos como por combustão interna.”.

2.5.4.1 Bombas de Recalque

Essas bombas têm por finalidade recalcar a água para o sistema nos casos em que a gravidade não é favorável, ou seja, quando a reserva técnica é instalada em um nível abaixo se comparado aos chuveiros automáticos. Para galpões logísticos, é a situação mais comum, visto o alto volume dos reservatórios.

2.5.4.2 Bombas de Reforço

Essas são instaladas nos casos em que a gravidade atua a favor, porém, a pressão não é suficiente devido ao funcionamento do sistema. Pode funcionar através de um sistema *by-pass*, ou seja, o sistema é instalado de tal maneira em que as bombas de reforço só entram em operação quando são acionados os equipamentos de menor pressão para que se atinja a vazão mínima necessária. Essa prática não é comum em edifícios logísticos, visto alta pressão..

2.5.4.3 Bombas de Pressurização

As Bombas de Pressurização também conhecidas como bombas *jockey*, tem por finalidade recuperar a pressão da rede no caso de pequenas quedas de pressão devido a vazamentos ou variação atmosférica, evitando que a bomba de incêndio entre em operação indevidamente. Secco (1982, p.12) complementa:

[...] esta bomba liga e desliga automaticamente, para recuperar a pressão da rede quando houver pequenas quedas na mesma devido a vazamentos ou variação atmosférica, evitando o funcionamento da bomba de incêndio. Estas bombas têm pequena vazão e pressão acima do normal de trabalho da rede, conseqüentemente na abertura de um hidrante ela não conseguirá repor a pressão devido sua pequena vazão, conseqüentemente a pressão continuará a cair até o ponto previsto para o funcionamento da bomba de incêndio.

2.5.5 Reservatórios

A reserva técnica para sistemas de chuveiros automáticos exige um alto volume de água pois, diferentemente dos sistemas utilizados no nosso dia a dia, como chuveiros e torneiras, estes trabalham com uma vazão muito superior e, diferentemente do sistema de hidrantes (rede fixa de combate a incêndio), que trabalha considerando altas vazões e o uso de no máximo duas tomadas, o sistema de chuveiros automáticos trabalha com altas vazões e a abertura de diversos chuveiros automáticos, visto que o calor do incêndio pode acionar mais de um bico simultaneamente ou, em alguns casos, se fizer necessário a utilização de mais chuveiros para controlar ou suprimir o incêndio.

Diferentemente do que se vê em muitas mídias do entretenimento, com exceção do Sistema de Dilúvio, que será tratado no item 2.6.4, somente são acionados os chuveiros automáticos onde a temperatura no teto atingir a temperatura necessária para o rompimento do bulbo ou a liga fusível. Conforme pesquisa abordada no item 2.2, verificou-se que em 97% das situações em que o sistema operou e foi eficaz, foram necessários 5 ou menos chuveiros automáticos para controlar o incêndio, dados similares a diversas outras pesquisas na área. Esses dados são levados em conta pelas legislações e normas técnicas para que se considere um número determinado de bicos acionados, com o intuito de reduzir a pressão na rede e o volume de água necessário nos reservatórios.

A ABNT NBR 10.897:2020 determina que a reserva técnica utilizada para o sistema seja exclusiva para tal fim, podendo compartilhar o mesmo reservatório que outras fontes, desde que estes possuam tomadas instaladas nas laterais em altura suficiente para não captar a água destinada ao sistema de chuveiros automáticos. Para sistemas de risco leve e ordinário, é comum a instalação da reserva técnica no topo da edificação, porém, quando se trata de um galpão logístico, onde são necessários maiores volumes de água, é geralmente adotada a torre d'água, visto sua menor área de instalação, compensada pela altura para se atingir o volume necessário. A Figura 23 demonstra um exemplo desse tipo de reservatório.

Figura 23 – Reservatório modelo Torre D'água



Fonte: Construção..., (2021).

2.5.6 Demais componentes da rede

Além dos componentes citados anteriormente, existem outras partes integrantes exigidas pelas normas técnicas para garantir o funcionamento correto e efetividade do sistema. Serão abordados nesse item as conexões de testes e o registro de recalque. Componentes necessários para o acionamento das bombas de incêndio, como manômetros e pressostatos, por exemplo, não serão abordados nesse trabalho.

2.5.6.1 Conexão de Testes

Conforme ABNT NBR 10.897:2020, o sistema de chuveiros automáticos deve ser provido de uma conexão de teste de alarme, a fim de testar o funcionamento dos alarmes de fluxo de água. Recomenda-se que esta seja instalada no ponto mais desfavorável da instalação, conforme exemplos que serão abordados no item 2.6, já que será possível verificar a vazão e pressão no referido ponto. Essa conexão também é utilizada para que seja feita a drenagem do sistema.

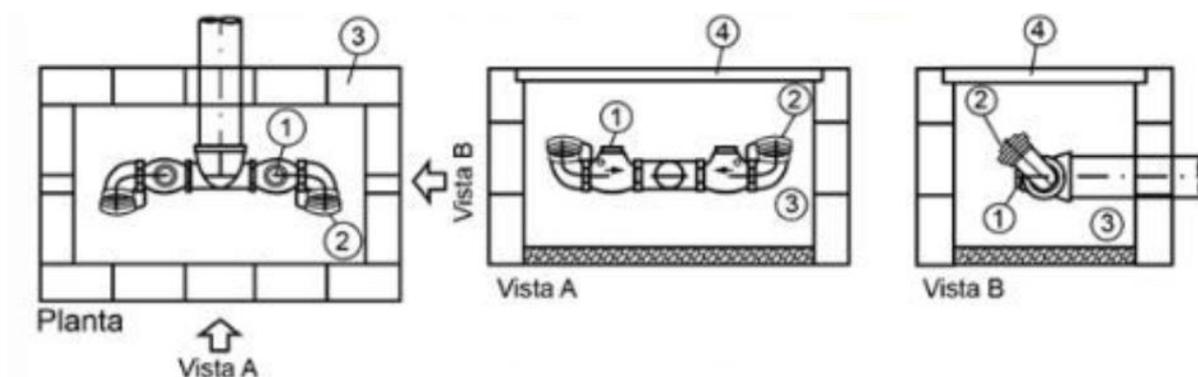
2.5.6.2 Registro de Recalque

Conforme Brentanto (2016, p. 332) o registro de recalque é um equipamento de “uso exclusivo do corpo de bombeiros e possibilita o suprimento do sistema de chuveiros automáticos com água recalçada a partir de um autobomba-tanque ou da rede pública.”.

A ABNT NBR 10.897:2020 exige que sejam instalados em locais de fácil acesso, dotados de duas entradas de água de 65 mm de diâmetro, com adaptadores e tampões de engate rápido. A instalação pode ser feita nos seguintes locais:

- No muro na divisa com a rua;
- Em coluna, junto à via de acesso da viatura ou via de circulação interna;
- Enterrada em uma caixa de alvenaria no passeio público, conforme exemplo da Figura 24.

Figura 24 – Tomada de recalque em caixa de alvenaria



Legenda:

1-Válvula de retenção 2-Adaptador storz com tampão 3-Caixa em alvenaria 4-Tampa de calçada de ferro fundido

Fonte: Adaptado da NBR 10.897:2020.

2.6 TIPOS DE SISTEMAS

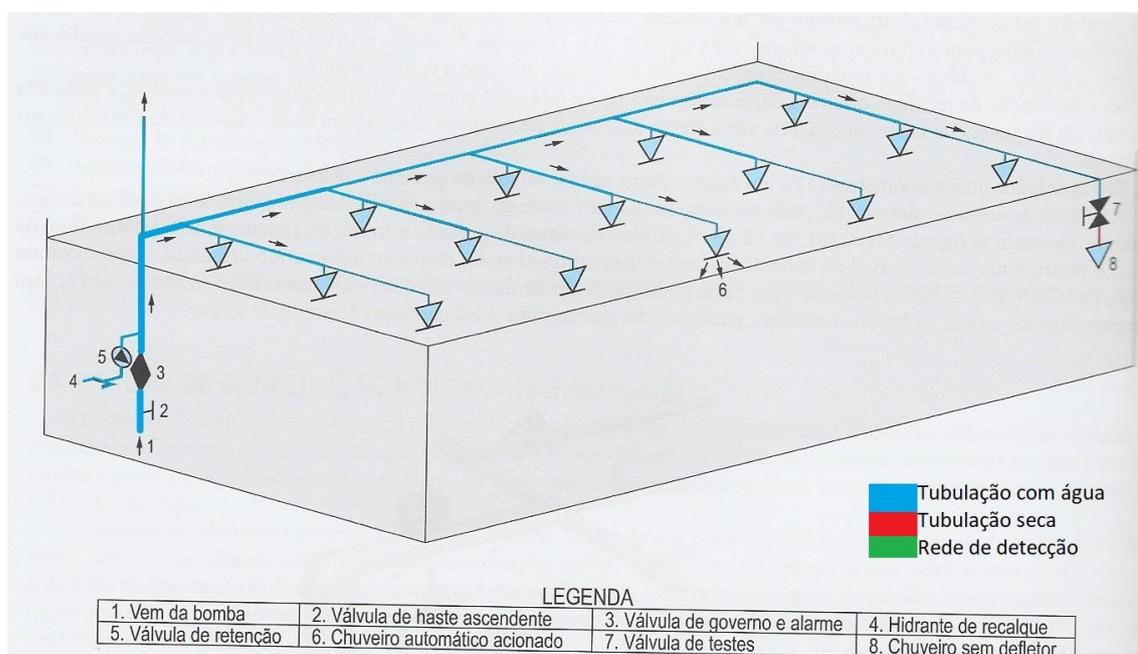
É possível classificar os sistemas através das seguintes nomenclaturas quanto à maneira de distribuição de água na rede e atuação. Esses conceitos são adotados tanto pela ABNT NBR 10.897:2020 quanto pela 16.981:2021.

2.6.1 Sistema de Tubo Molhado

O Sistema de Tubo Molhado ocorre quando o sistema de chuveiros é fixado diretamente a uma tubulação que já contenha água em seu interior. Assim sendo, quando o chuveiro é acionado, este atua de maneira imediata. Segundo Wollentarski Júnior (2013), se trata do sistema mais utilizado no mundo, e é muito presente no nosso dia a dia, pois é encontrado em *shopping centers*, cinemas, escritórios e teatros.

“É recomendado para locais nos quais não há risco de congelamento da água na tubulação.” (OLIVEIRA; GONÇALVES; GUIMARÃES, 2008, p.240). A Figura 25 demonstra um esquema geral da instalação do sistema.

Figura 25 – Esquema geral de sistema de chuveiros automáticos de canalização molhada



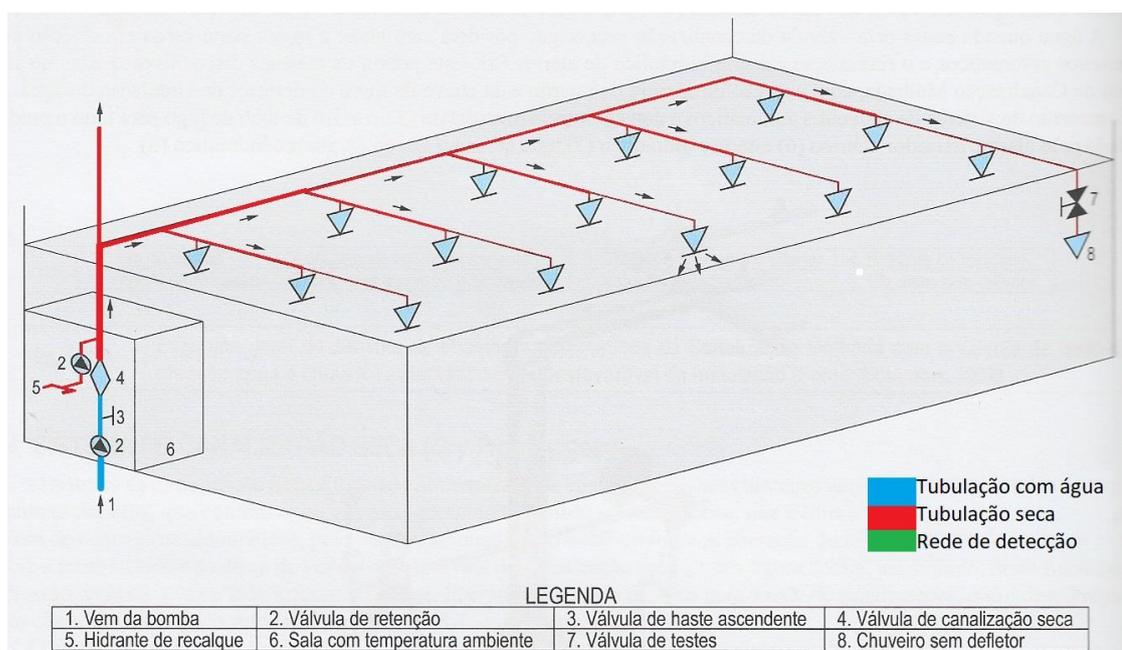
Fonte: Adaptado de Brentano (2016, p. 342).

2.6.2 Sistema de Tubo Seco

O Sistema de Tubo Seco ocorre quando o sistema de chuveiros é fixado diretamente a uma tubulação que contenha ar comprimido ou nitrogênio sob pressão. Ao ser aberto um chuveiro, a pressão da água abre uma válvula, que permite a entrada de água na rede. Segundo Oliveira, Gonçalves e Guimarães

(2008), esse sistema aumenta o número de chuveiros que serão acionados em uma situação de incêndio, visto a existência de um intervalo de tempo entre o rompimento do primeiro bico e a descarga da água. A Figura 26 demonstra um esquema geral de instalação do sistema.

Figura 26 – Esquema geral de sistema de chuveiros automáticos de tubo seco



Fonte: Adaptado de Brentano (2016, p. 344).

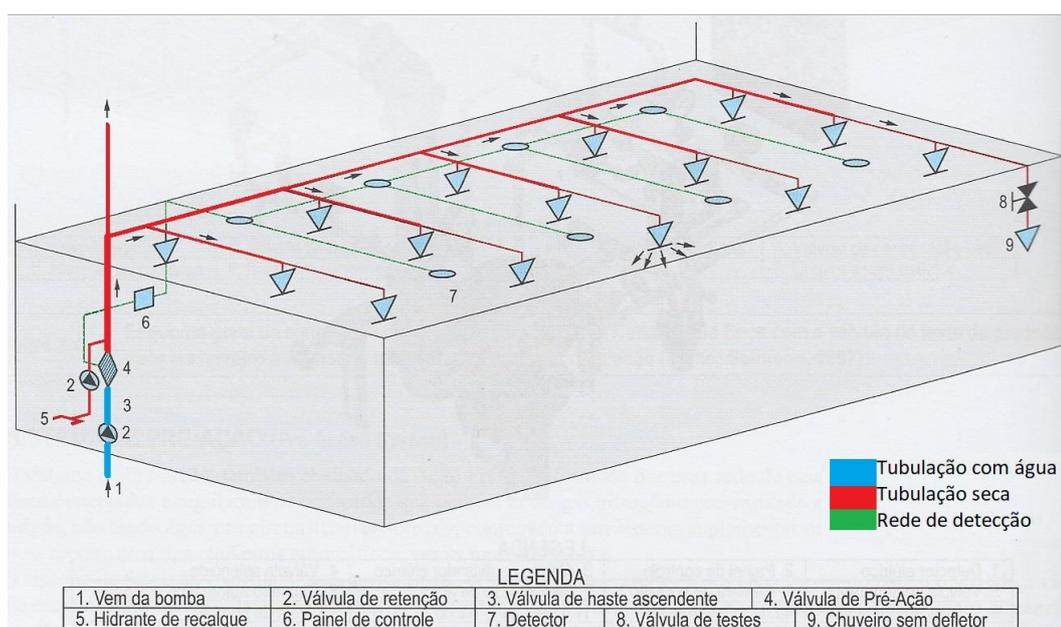
2.6.3 Sistema de Ação Prévia

O Sistema de Ação Prévia tem funcionamento semelhante ao Sistema de Tubo Seco, acima descrito, porém a válvula que permite a entrada na rede é acionada através de um sistema suplementar de detecção, que deve ser instalado na mesma área dos chuveiros automáticos. Esse sistema de detecção deve ser mais sensível ao incêndio que os chuveiros automáticos, de modo que a água entre no sistema de maneira antecipada. O sistema se divide em três grupos:

- Sem travamento – tanto o sistema suplementar quanto o rompimento do bico permitem a entrada de água na rede;
- Travamento simples – apenas o sistema suplementar permite a entrada de água na rede;
- Travamento duplo – a entrada de água na rede se dá após a detecção pelo sistema suplementar e rompimento do bico.

Segundo Wollentarski Júnior (2015), o sistema de travamento simples e duplo são os mais utilizados, sendo o de travamento simples indicado para locais sujeitos a congelamento, como câmaras frias, e o de travamento duplo indicados para pequenas áreas como CPD, arquivos e museus, visto que um disparo falso do sistema pode ocasionar perdas de bens de valores inestimáveis. A Figura 27 demonstra um esquema geral de instalação do sistema.

Figura 27 - Esquema geral de sistema de chuveiros automáticos de pré-ação

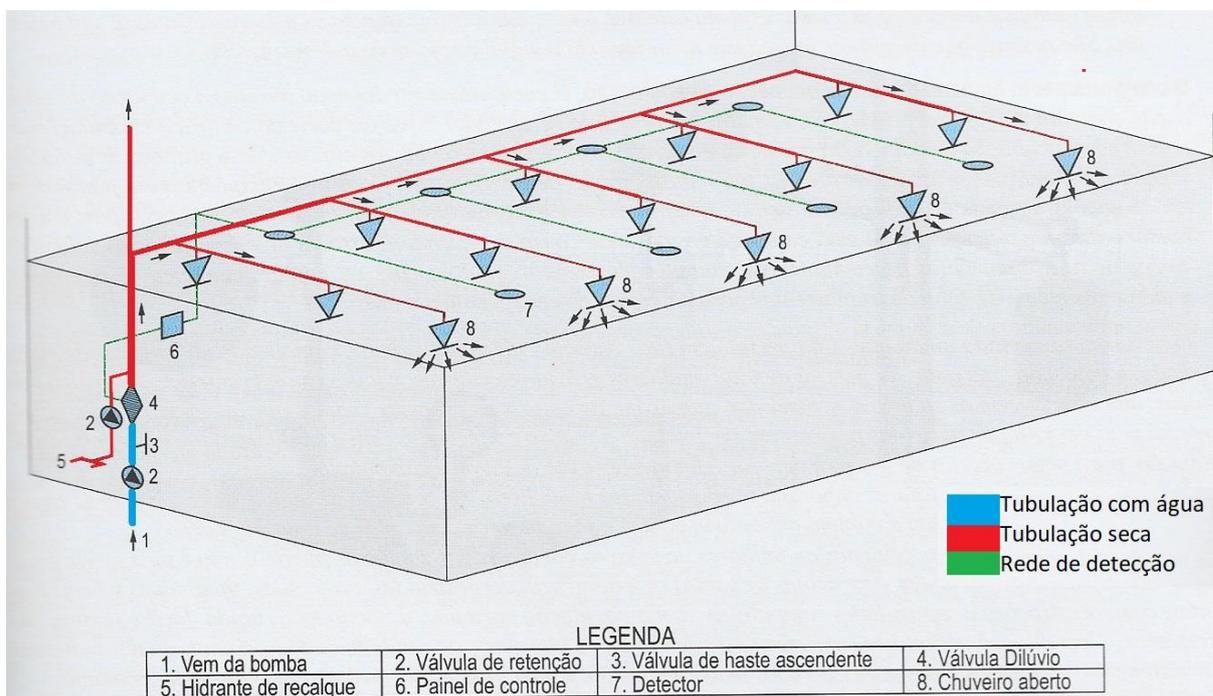


Fonte: Adaptado de Brentano (2016, p. 346).

2.6.4 Sistema de Dilúvio

No Sistema de Dilúvio são utilizados chuveiros abertos, que se diferenciam dos chuveiros automáticos por não possuírem obturador e elemento termossensível, ligados a uma tubulação conectada a uma válvula de dilúvio. Ao ser detectado o incêndio por um sistema de detecção suplementar, a válvula é aberta e todos os chuveiros daquele local são acionados e descarregam água simultaneamente. Segundo Wollentarski Júnior (2015), o sistema é usado em locais de alto risco de incêndio e se tem necessidade em descarregar água não só no foco do incêndio, mas em seus arredores. A Figura 28 demonstra um esquema geral de instalação do sistema.

Figura 28 – Esquema geral de sistema de chuveiros abertos dilúvio



Fonte: Adaptado de Brentano (2016, p. 349).

2.7 REQUISITOS GERAIS DE PROJETO E INSTALAÇÃO

Nesse capítulo serão abordados itens referentes a projeto e instalações de maneira geral, abordados pela ABNT NBR 10.897:2020, ou seja, serão critérios que abrangem do risco leve até armazenamento. Critérios específicos para armazenamento serão abordados na metodologia e resultados. Não serão abordados os critérios dos chuveiros laterais.

2.7.1 Área máxima de proteção do sistema

O sistema deve ser distribuído de modo que, dentro de um pavimento, a coluna principal (ver Figura 18) alimente uma área máxima, que varia de acordo com o tipo de risco. Uma mesma coluna pode alimentar vários pavimentos, desde que não ultrapassadas as respectivas áreas dentro do pavimento. A Tabela 10 mostra as áreas máximas para cada tipo de risco.

Tabela 10 – Área máxima por coluna principal

| Tipo de risco | Área máxima servida por uma coluna de alimentação por pavimento |
|----------------|---|
| Leve | 4.800 m ² |
| Ordinário | 4.800 m ² |
| Extraordinário | 3.700 m ² |
| Armazenamento | 3.700 m ² |

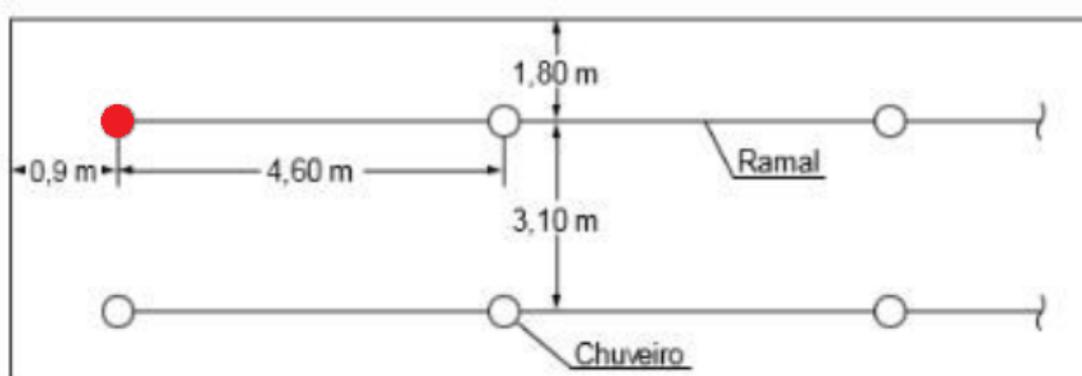
Fonte: Adaptada da ABNT NBR 10.897:2020.

Os valores citados anteriormente são para dimensionamentos realizados através de cálculo hidráulico. Para os riscos leves e ordinários dimensionados através das tabelas da ABNT NBR 10.897:2020, essa área máxima cai para 2.300 m². O método por tabelas é permitido apenas em reformas onde o sistema já foi dimensionado por tabela ou instalações novas, caso a área máxima não ultrapasse 465 m². Os riscos extraordinários e de armazenamento não podem ser dimensionados por tabela.

2.7.2 Área de proteção por chuveiro automático e afastamentos entre bicos

A área de cobertura (A_s) por chuveiro automático pendentes ou em pé se dá através da multiplicação do afastamento dos bicos ao longo dos ramais (S) e entre ramais (L). No caso dos chuveiros próximos a obstruções, se adota o maior valor entre o dobro do afastamento entre o obstáculo ou a distância real de outro chuveiro. A Figura 29 demonstra um exemplo de área de cobertura.

Figura 29 – Área de cobertura - Exemplo



Fonte: Adaptada da ABNT NBR 10.897:2020.

No exemplo citado, o chuveiro automático destacado em vermelho terá a seguinte área de cobertura:

- Afastamento ao longo dos ramais (S) – $4,60\text{ m} > 0,90\text{ m} \times 2$;
- Afastamento entre ramais (L) – $3,10\text{ m} < 1,80 \times 2$;
- Área de cobertura (As) – $4,60\text{ m} \times 3,60\text{ m} = 16,6\text{ m}^2$.

Será apresentado a seguir as respectivas áreas de cobertura e afastamentos entre bicos para os chuveiros tipo *spray* (CMDA) em pé e pendentes, ESFR e CCAE, conforme ABNT NBR 10.897:2020.

2.7.2.1 Chuveiros automáticos tipo *spray* em pé e pendentes de cobertura-padrão

A distância mínima entre bicos é de 1,80 m e das paredes é de 0,10 m. A área de cobertura e afastamentos máximos podem ser verificados na Tabela 11, que considera apenas as situações de cálculo hidráulico.

Tabela 11 – Áreas de cobertura máxima por chuveiro automático e distância máxima entre chuveiros automáticos *spray* em pé e pendentes de cobertura-padrão

| Tipo de teto | Área de cobertura | | | Distância máxima entre chuveiros automáticos | | |
|--|----------------------|----------------------|---|--|-----------|------------------------------|
| | Leve | Ordinário | Extra | Leve | Ordinário | Extra |
| Não combustível obstruído e não obstruído; combustível não obstruído | 20,90 m ² | 12,10 m ² | 9,30 m ² a 12,10 m ^{2a} | 4,60 m | 4,60 m | 3,70 m a 4,60 m ^b |
| Combustível obstruído | 15,60 m ² | 12,10 m ² | 9,30 m ² a 12,10 m ^{2a} | 4,60 m | 4,60 m | 3,70 m a 4,60 m ^b |
| Combustível com elementos estruturais distânciados a menos de 0,90 m | 12,10 m ² | 12,10 m ² | 9,30 m ² a 12,10 m ^{2a} | 4,60 m | 4,60 m | 3,70 m a 4,60 m ^b |

a - Área de cobertura, risco extra: 9,3 m², se densidade $\geq 10,2$ mm/min, e 12,1 m², se densidade $< 10,2$ mm/min

b - Espaçamento máximo: 3,70 m, se densidade $\geq 10,2$ mm/min, e 4,60 m, se densidade $< 10,2$ mm/min

Fonte: Adaptada da ABNT NBR 10.897:2020.

2.7.2.2 Chuveiros automáticos tipo *spray* em pé e pendentes de cobertura estendida

A distância mínima entre bicos é de 2,40 m e das paredes é de 0,10 m. A área de cobertura e afastamentos máximos podem ser verificados na Tabela 12.

Tabela 12 – Áreas de cobertura máxima por chuveiro automático e distância máxima entre chuveiros automáticos *spray* em pé e pendentes de cobertura-estendida

| Teto | Risco leve | | Risco ordinário | | Risco extra | |
|--|---------------------|-----------|---------------------|-----------|---------------------|-----------|
| | Área de proteção | Distância | Área de proteção | Distância | Área de proteção | Distância |
| Sem obstruções e incombustível obstruído (quando especificamente ensaiado para este fim) | 37,2 m ² | 6,1 m | 37,2 m ² | 6,1 m | - | - |
| | 30,2 m ² | 5,5 m | 30,2 m ² | 5,5 m | - | - |
| | 24,0 m ² | 4,9 m | 24,0 m ² | 4,9 m | - | - |
| | - | - | 18,5 m ² | 4,3 m | 18,5 m ² | 4,3 m |
| | - | - | 13,7 m ² | 3,7 m | 13,7 m ² | 3,7 m |
| Combustível desobstruído | N/A | N/A | N/A | N/A | N/A | N/A |

Fonte: Adaptada da ABNT NBR 10.897:2020.

2.7.2.3 Chuveiros CCAE

A distância mínima entre bicos é de 2,40 m e das paredes é de 0,10 m. A área de cobertura e afastamentos máximos podem ser verificados na Tabela 13.

Tabela 13 – Áreas de cobertura máxima por chuveiro automático e distância máxima entre chuveiros CCAE

| Área protegida | Tipo de teto | Área de proteção | Distância máxima entre chuveiros automáticos |
|------------------------------|--------------------------|---------------------|--|
| Sem estruturas porta-paletes | Incombustível | 12,1 m ² | 3,7 m |
| | Combustível desobstruído | 12,1 m ² | 3,7 m |
| | Combustível obstruído | 9,3 m ² | 3,1 m |
| Com estruturas porta-paletes | Incombustível | 9,3 m ² | 3,7 m |
| | Combustível desobstruído | 9,3 m ² | 3,7 m |
| | Combustível obstruído | 9,3 m ² | 3,1 m |

Fonte: Adaptada da ABNT NBR 10.897:2020.

2.7.2.4 Chuveiros ESFR

A distância mínima entre bicos é de 2,40 m e das paredes é de 0,10 m. A área de cobertura e afastamentos máximos podem ser verificados na Tabela 14.

Tabela 14 – Áreas de cobertura máxima por chuveiro automático e distância máxima entre chuveiros ESFR

| Tipo de teto | Área de cobertura | Distância máxima entre chuveiros | |
|--|--------------------|----------------------------------|-----------------------------------|
| | | Altura do telhado até 9,10 m | Altura do telhado acima de 9,10 m |
| Incombustível e combustível desobstruído | 9,3 m ² | 3,7 m | 3,1 m |
| Combustível obstruído | | Não permitido | |

Fonte: Adaptada da ABNT NBR 10.897:2020.

2.7.3 Orientação do defletor

Os defletores devem ser instalados paralelamente ao teto, permitindo que sejam instalados paralelamente ao piso quando a inclinação do telhado for inferior a 16,7%. Ressalva-se que para armazenamento, a ABNT NBR 16.924:2021 não contempla requisitos de proteção para inclinações superiores a 16,7%, devendo ser previstas soluções alternativas para solucionar essa questão, como por exemplo, previsão de forro falso.

2.7.4 Afastamento do teto e do topo da armazenagem

Referente ao afastamento do topo da armazenagem, a ABNT NBR 10.897:2020 determina que chuveiros do tipo *spray* sejam pendentes ou em pé, cobertura estendida ou padrão, o afastamento entre o topo da estocagem e o defletor de 460 mm, a menos que outras legislações ressalvem uma distância mínima maior. Para chuveiros ESFR e CCAE essa distância mínima aumenta para 900 mm.

Quanto ao afastamento do teto, para tetos sem obstruções, aplica-se os afastamentos citados na Tabela 15.

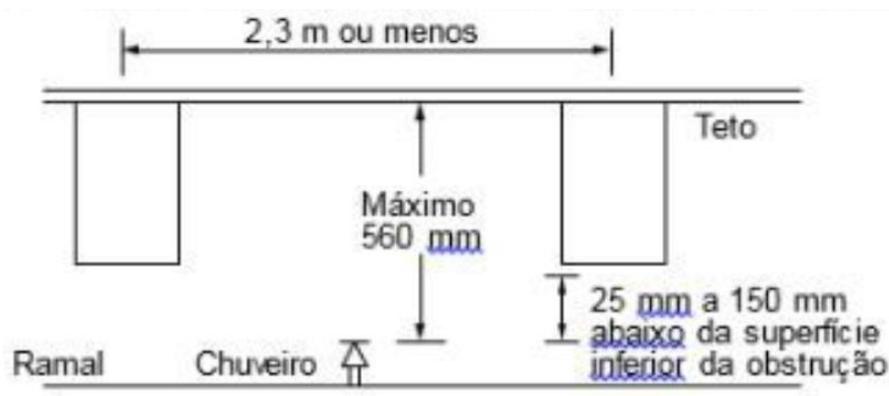
Tabela 15 – Afastamentos dos defletores para tetos sem obstruções

| Tipo de bico | Afastamento mínimo do defletor ao teto | Afastamento máximo do defletor ao teto |
|------------------------------------|--|--|
| Spray Cobertura-Padrão | 25 mm | 300 mm |
| Spray Cobertura-Estendida | 25 mm | 300 mm |
| CCAÉ | 150 mm | 300 mm |
| ESFR pendente (Fator K 200 ou 240) | 150 mm | 350 mm |
| ESFR pendente (Fator K 320 ou 240) | 150 mm | 450 mm |
| ESFR em pé (Fator K 200 ou 240) | 75 mm | 300 mm |

Fonte: Adaptada da ABNT NBR 10.897:2020.

Para tetos obstruídos, chuveiros do tipo *spray* de cobertura-padrão e estendida, por exemplo, devem, de maneira geral, ser posicionados entre 25 mm e 150 mm abaixo da superfície inferior do elemento estrutural e no máximo 560 mm do teto, conforme Figura 30.

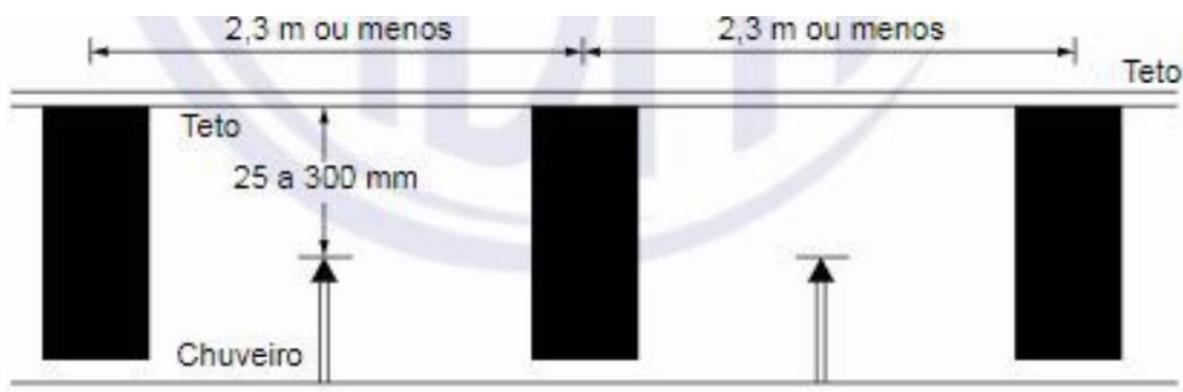
Figura 30 – Posicionamento de chuveiro automático em pé de cobertura-padrão ou de cobertura estendida, sob teto obstruído



Fonte: ABNT NBR 10.897:2020.

A norma ainda permite algumas outras soluções como, por exemplo, serem previstos os chuveiros automáticos dentro dos vãos formados pelos elementos estruturais, conforme Figura 31.

Figura 31 – Posicionamento de chuveiro automático em pé de cobertura-padrão ou de cobertura estendida em cada vão formado pelos elementos estruturais

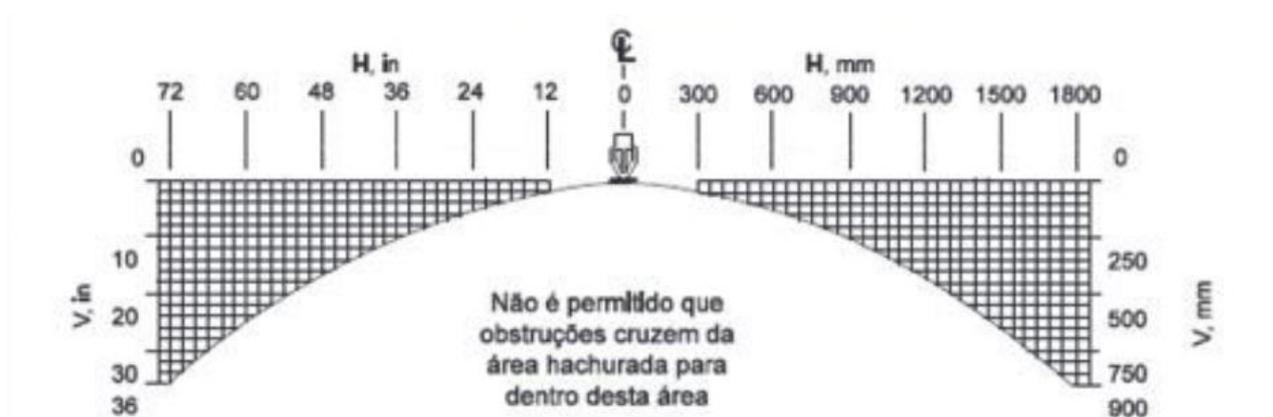


Fonte: ABNT NBR 10.897:2020.

2.7.5 Afastamento de obstruções

A ABNT NBR 10.897:2020 traz parâmetros de obstruções localizado tanto nas laterais quanto abaixo do bico, que variam de bico para bico, visto os diferentes padrões de descarga destes. A Figura 32 demonstra um exemplo desse conceito aplicado para chuveiros do tipo spray de cobertura padrão.

Figura 32 – Área de obstrução ao padrão de descarga em forma de guarda-chuva de chuveiros de teto para armazenamento em separação normal



Fonte: ABNT NBR 16.981:2021.

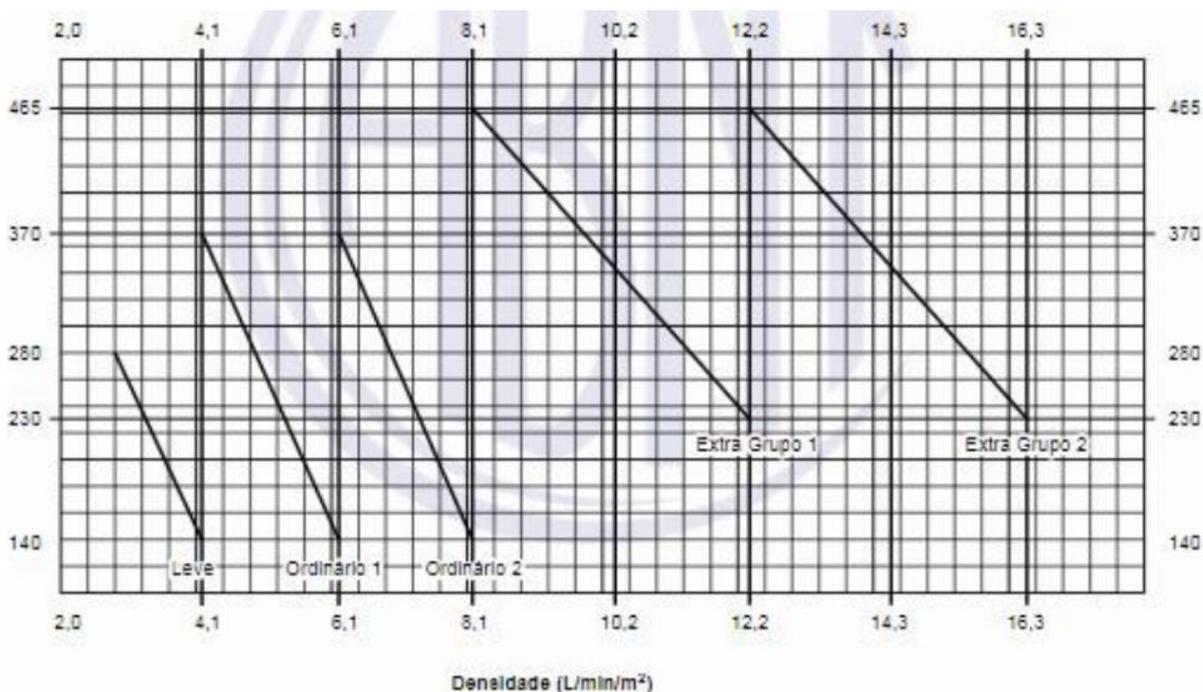
Deve-se observar que as dimensões das obstruções devem ser levadas em consideração, visto que em algumas situações como passarelas, se fará necessário a instalação de chuveiros automáticos abaixo desta e, em outras, como, por exemplo, luminárias localizadas abaixo da rede e afastadas a uma determinada distância do chuveiro automático, não comprometerá o padrão de descarga do efeito guarda-chuva.

Para cada tipo de chuveiro automático, existem afastamentos próprios para garantir o efetivo funcionamento do bico ao combate ao incêndio, devendo-se observar tanto as normas técnicas quanto especificações do fabricante.

2.7.6 Área de operação e densidade

Para sistemas que utilizam chuveiros do tipo *spray*, utilizam-se curvas de densidade e área para determinação da área de operação e da vazão em que se deve adotar um ponto na curva para realização do método. Quanto maior a área de operação, que deve ser a área mais desfavorável hidráulicamente, mais chuveiros automáticos serão calculados. A densidade é multiplicada pela área de cobertura do chuveiro automático para se obter a vazão no bico. A Figura 33 demonstra um exemplo dessa relação.

Figura 33 – Curvas de densidade e área



Fonte: ABNT NBR 10.897:2020.

Pode-se observar que, quanto menos chuveiros automáticos forem levados em consideração no cálculo, maior a vazão que será considerada no bico. Para chuveiros do tipo *spray*, empregados em armazenamento, são utilizadas outras curvas de densidade e área para diferentes tipos de situações, mas o princípio é o mesmo.

Chuveiros automáticos do tipo ESFR e CCAE não são calculados por esse método, as normas trazem a pressão mínima que o chuveiro automático deverá ter, que varia em função do seu fator K, e já determina o número de chuveiros mais desfavoráveis que devem ser calculados.

2.7.7 Suportes

Os suportes devem ser fixados na estrutura, considerando que os suportes devem sustentar cinco vezes a massa do tubo cheio d'água, mais 100 kg em cada ponto de fixação, devendo apresentar as distâncias máximas entre suportes conforme Tabela 16, nos casos de tubulação onde não existam chuveiros automáticos dentro deste espaçamento.

Tabela 16 – Distância máxima entre suportes em metros

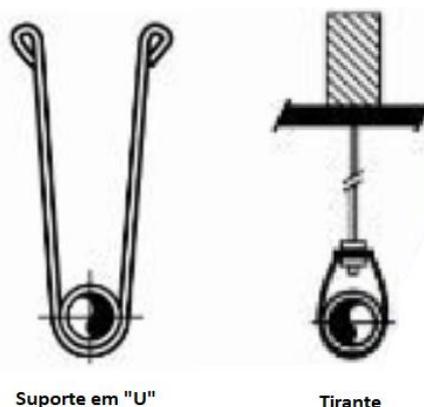
| Diâmetro nominal mm | 20 | 25 | 32 | 40 | 50 | 65 | 80 | 90 | 100 | 125 | 150 | 200 |
|------------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| Tubo de aço | N/A | 3,65 | 3,65 | 4,60 | 4,60 | 4,60 | 4,60 | 4,60 | 4,60 | 4,60 | 4,60 | 4,60 |
| Tubo de cobre | 2,45 | 2,45 | 3,05 | 3,05 | 3,65 | 3,65 | 3,65 | 4,60 | 4,60 | 4,60 | 4,60 | 4,60 |
| CPVC | 1,70 | 1,80 | 2,00 | 2,15 | 2,45 | 2,75 | 3,05 | N/A | N/A | N/A | N/A | N/A |

Fonte: Adaptada da ABNT NBR 10.897:2020.

Para casos em que existam chuveiros automáticos, a norma especifica mais detalhes solicitando suportes em cada ramal ou possíveis omissões, além dos afastamentos entre bicos e suportes, que varia de material e diâmetro, porém respeita os limites estabelecidos na Tabela 16.

Os suportes devem ser constituídos de materiais ferrosos e, predominantemente, são utilizados tirantes ou suportes em “U”, conforme exemplos da Figura 34.

Figura 34 – Suportes



Fonte: ABNT NBR 10.897:2020.

A Tabela 17 apresenta os diâmetros mínimos dos suportes, que devem ser dimensionados conforme relação de cargas apontados anteriormente.

Tabela 17 – Diâmetro dos suportes em função dos tubos

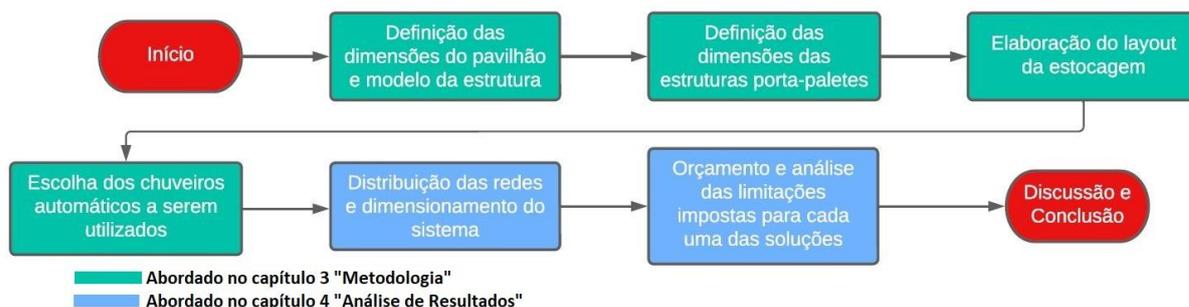
| Tubulação DN | Diâmetro do tirante do suporte mm | Diâmetro do suporte "U" mm |
|-----------------|--------------------------------------|-------------------------------|
| Até 50 | 9,5 | 8,0 |
| De 65 a 100 | 9,5 | 9,5 |
| De 125 a 150 | 12,7 | 9,5 |
| 200 | 12,7 | 12,7 |
| De 250 a 300 | 16,0 | N/A |

Fonte: Adaptada da ABNT NBR 10.897:2020.

3 METODOLOGIA

Nessa etapa serão abordadas as características da edificação, do que será protegido e dos chuveiros automáticos utilizados. A Figura 35 demonstra a sequência do trabalho.

Figura 35 – Fluxograma do trabalho



Fonte: Elaborada pelo autor.

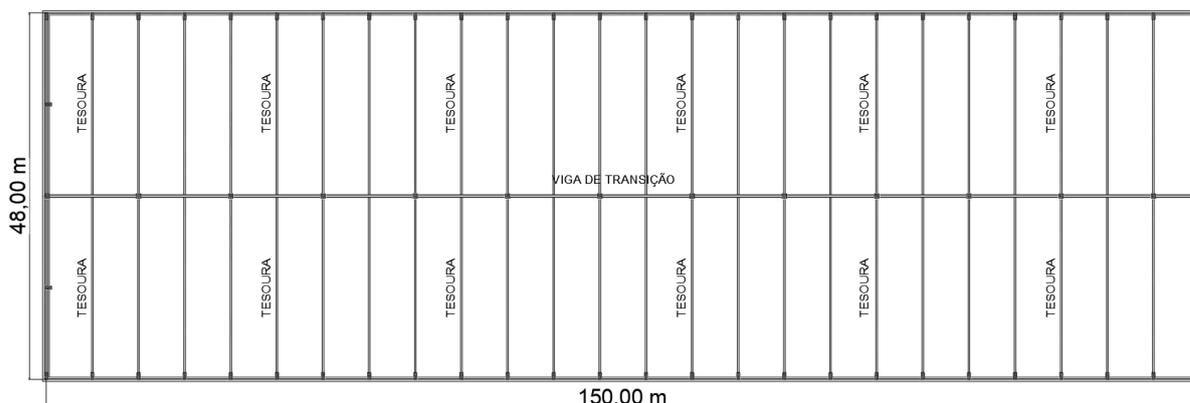
Primeiramente serão apresentados os modelos dos pavilhões no estudo a ser realizado. Após, serão apresentados os materiais a serem estocados e as dimensões da estrutura porta-paleta onde estes ficarão armazenados, além de sua disposição em planta. Serão definidos também os chuveiros automáticos a serem escolhidos para cada uma das situações.

Na etapa posterior, será realizado o dimensionamento do sistema, onde se obterá a pressão, vazão do sistema, volume do reservatório e malha da rede do sistema para, assim, realizar um comparativo entre os sistemas e elaborar o orçamento a fim de comparar os valores investidos em cada um dos casos.

3.1 DEFINIÇÃO DAS DIMENSÕES DO PAVILHÃO E MODELO DA ESTRUTURA

Os pavilhões considerados no estudo possuirão um comprimento de 150,00m por 48,00m de largura, totalizando uma área de 7.200 m². A Figura 36 mostra a planta baixa dos pavilhões que serão considerados no estudo, visto que a única variável entre cada um deles será a sua altura.

Figura 36 – Planta baixa pavilhão



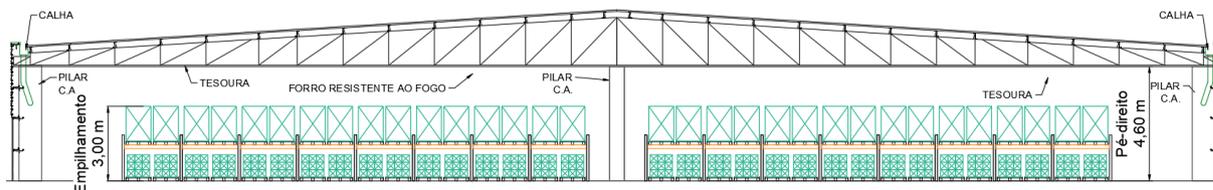
Fonte: Elaborada pelo autor.

Referente às alturas, a escolha destas se deu com o intuito de mostrar diferentes situações abordadas pela ABNT NBR 16.981:2021, com o objetivo de contemplar alturas de empilhamento que trazem diferenças de prevenção para um mesmo tipo de chuveiro automático.

Serão utilizados forros resistentes ao fogo nos pavilhões, desse modo, a altura será computada até o forro, caso contrário, conforme item 4.1.3.1 da ABNT NBR 16.981:2021, “a altura máxima do teto deve ser medida entre o piso e o lado inferior do teto ou telhado, em seu ponto mais alto.” (ABNT, 2021). Ressalva-se que não existirão materiais combustíveis no entreforro, assim sendo, a área acima do forro está isenta da instalação de chuveiros automáticos.

A Figura 37 demonstra um corte transversal do pavilhão 1, que terá uma altura máxima, contada até a parte inferior do forro, de 4,60 m. Para esse pavilhão, será considerado um empilhamento máximo de 3,00 m.

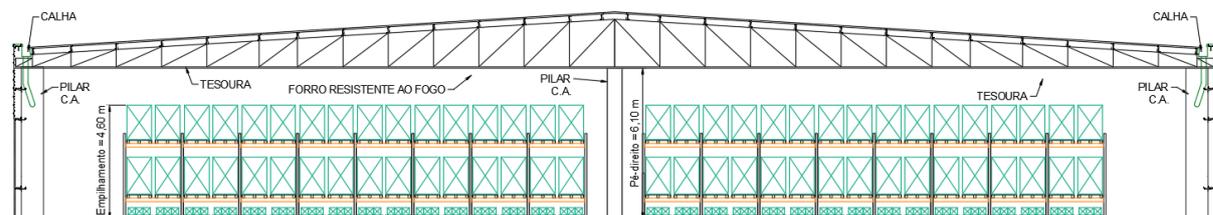
Figura 37 – Corte transversal pavilhão 1



Fonte: Elaborada pelo autor.

A Figura 38 demonstra um corte transversal do pavilhão 2, com altura máxima de 6,10 m e empilhamento máximo de 4,60 m.

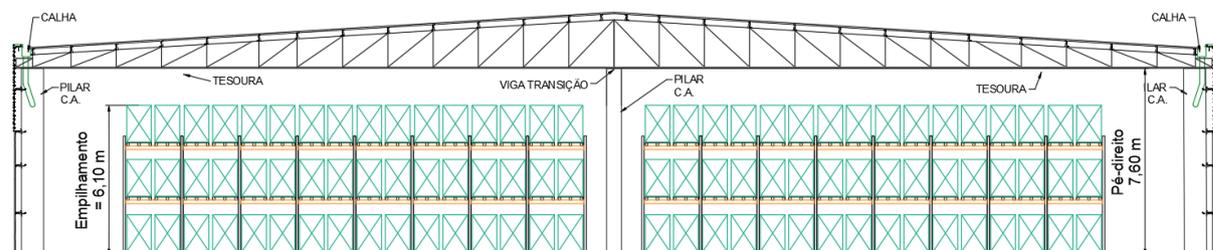
Figura 38 – Corte transversal pavilhão 2



Fonte: Elaborada pelo autor.

A Figura 39 demonstra um corte transversal do pavilhão 3, com altura máxima de 7,60 m e empilhamento máximo de 6,10 m.

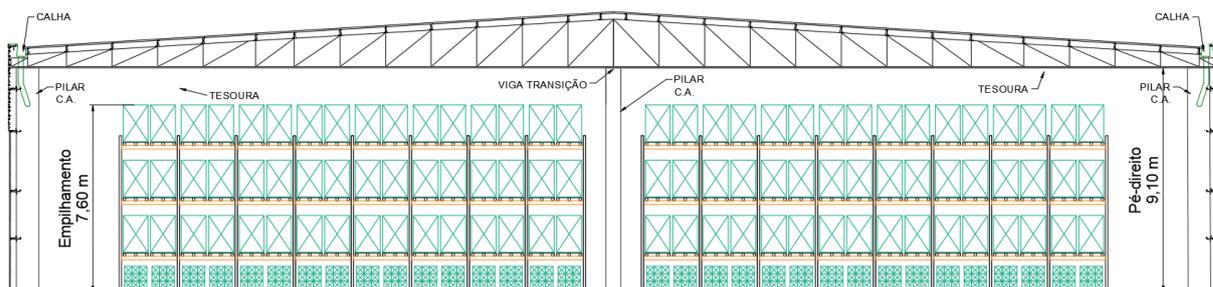
Figura 39 – Corte transversal pavilhão 3



Fonte: Elaborada pelo autor.

A Figura 40 demonstra um corte transversal do pavilhão 4, com altura máxima de 9,10 m e empilhamento máximo de 7,60 m.

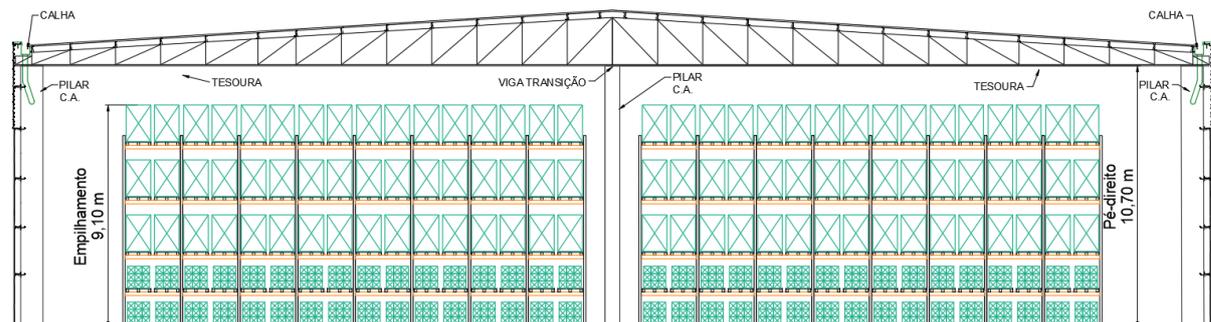
Figura 40 – Corte transversal pavilhão 4



Fonte: Elaborada pelo autor.

A Figura 41 demonstra um corte transversal do pavilhão 5, com altura máxima de 10,70 m e empilhamento máximo de 9,10 m.

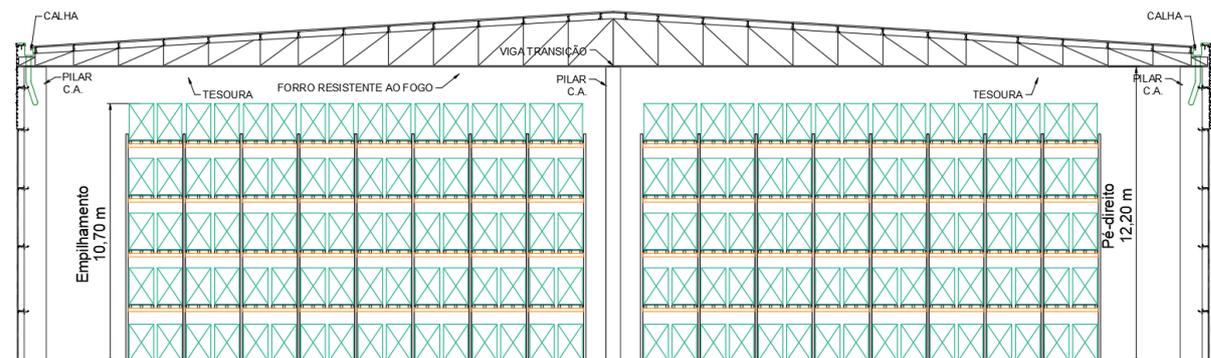
Figura 41 – Corte transversal pavilhão 5



Fonte: Elaborada pelo autor.

A Figura 42 demonstra um corte transversal do pavilhão 6, com altura máxima de 12,20 m e empilhamento máximo de 10,70 m.

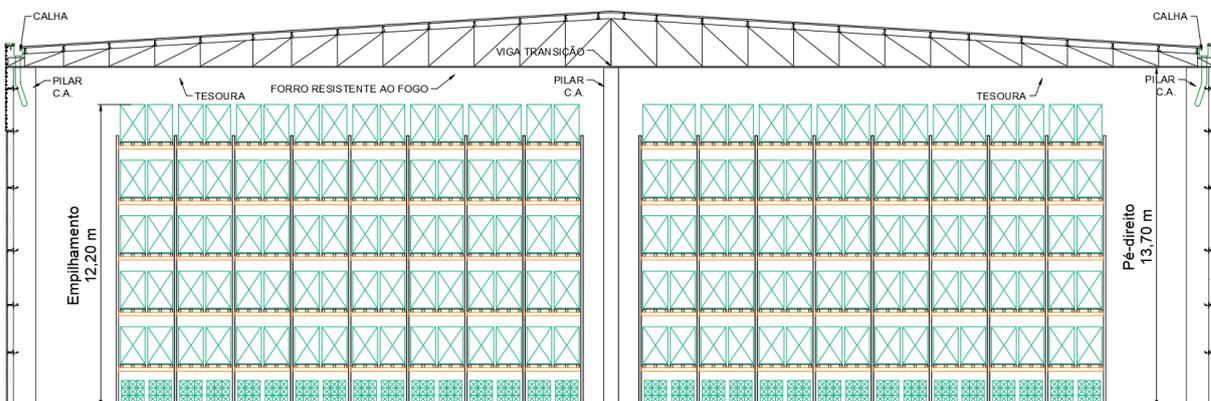
Figura 42 – Corte transversal pavilhão 6



Fonte: Elaborada pelo autor.

A Figura 43 demonstra um corte transversal do pavilhão 7, com altura máxima de 13,70 m e empilhamento máximo de 12,20 m.

Figura 43 – Corte transversal pavilhão 7



Fonte: Elaborada pelo autor.

3.2 DEFINIÇÃO DAS ESTRUTURAS PORTA-PALETE E MATERIAIS ESTOCADOS

Serão consideradas mercadorias classificadas como de classe III, conforme a tabela A.1 da ABNT NBR 16.981:2021. Um exemplo de materiais dessa classe são, conforme a tabela citada, produtos de papel, como livros, revistas, papéis para impressora, envelopes de papel, recipientes de papel para alimentos revestidos de plástico, jornais, jogos de tabuleiro, produtos de papel *tissue* em caixas de papelão. Esses materiais serão armazenados dentro de caixas de papelão, que serão colocadas em cima de paletes de madeira. Não será considerado o revestimento de plástico para envelopar as caixas. Serão utilizados paletes PBR, que possuem dimensões de 1,00 x 1,20 m, conforme demonstra Figura 44.

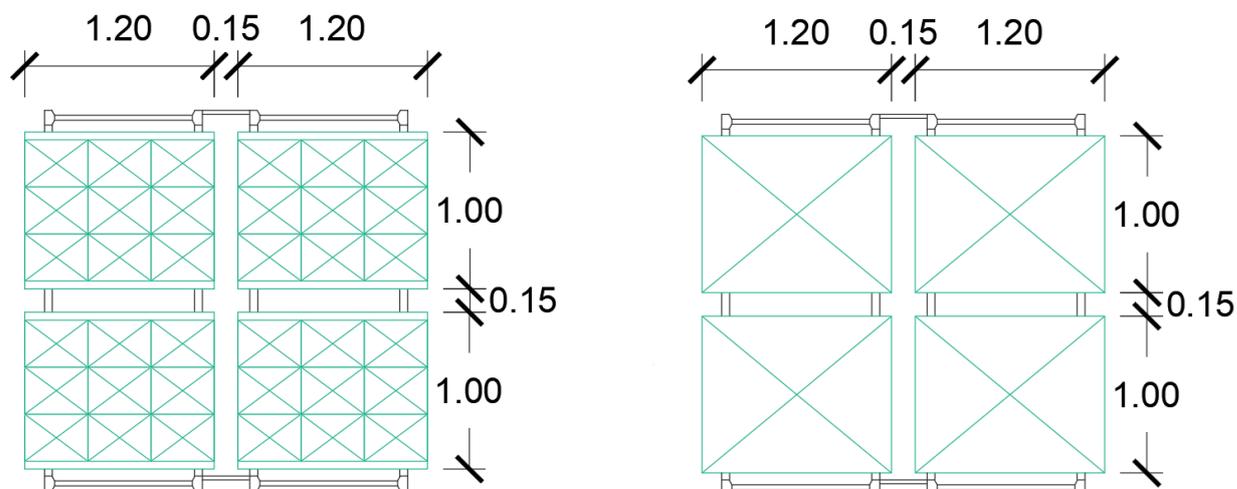
Figura 44 – Pallet Padrão PBR



Fonte: TIPOS..., ([2022?]).

Serão utilizadas fileiras duplas de estruturas porta-paletes, que não possuirão prateleiras sólidas. Considerou-se duas dimensões de caixas de papelão, uma de 30x40x30 cm e outra de 100x120x150 cm. A Figura 45 demonstra como as caixas serão alocadas nas estruturas, enquanto as alturas dos armazenamentos podem ser verificadas nos cortes transversais mostrados anteriormente. Essa delimitação de materiais estocados acaba sendo necessária tendo em vista as diferenças de vazão solicitadas pela norma, que acaba sendo mais rigorosa para maiores potenciais caloríficos.

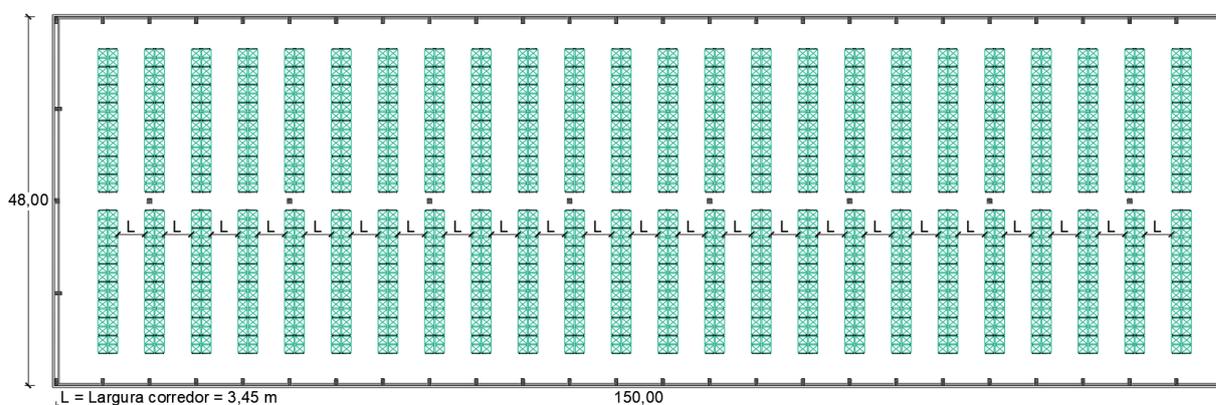
Figura 45 – Planta baixa estruturas porta paletes



Fonte: Elaborada pelo autor.

O *layout* final das estruturas porta-paletes instaladas no pavilhão será conforme Figura 46.

Figura 46 – Planta baixa layout pavilhão



Fonte: Elaborada pelo autor.

3.3 ESCOLHA DOS CHUVEIROS AUTOMÁTICOS A SEREM ADOTADOS

Visando a redução de custos e otimizações nos projetos, serão escolhidos chuveiros automáticos do tipo e fator K adequados, que serão escolhidos visando a não instalação de chuveiros *in-rack* no pavilhão, que se trata de chuveiros intermediários instalados dentro das estruturas porta-paletes. Será trabalhado com dois tipos de bicos, CMDA e ESFR, todos instalados apenas no teto.

A prevenção utilizando chuveiros CMDA é tratada nos itens 6.2.1.1 para alturas até 3,70 m, 6.2.1.2 quando acima de 3,70 m até 7,60 m e pelo item 6.3.1 para alturas acima de 7,60 m, todos da ABNT NBR 16.981:2021.

A prevenção para a estocagem utilizando chuveiros do tipo ESFR é tratada nos 6.2.3 para alturas até 7,60 m e pelo item 6.3.3 para alturas acima de 7,60 m, todos da ABNT NBR 16.981:2021.

3.3.1 Pavilhão 01

Serão utilizados bicos CMDA da SKOP, modelo JCR, instalados no teto, conforme dados do Quadro 2, adaptados do *data sheet* do fabricante.

Quadro 2 – Dados técnicos do chuveiro CMDA para o pavilhão 01

| Modelo JCR | |
|------------------------|---------------|
| Modelo | JCR H 20 79 |
| Fator K | 115 |
| Diâmetro | 3/4" NPT |
| Orientação | Pendente |
| Tempo de resposta | Padrão |
| Temperatura de atuação | Intermediária |
| Acabamento | Latão Natural |

Fonte: Elaborado pelo autor.

3.3.1 Pavilhão 02

Serão utilizados bicos CMDA da SKOP, modelo JCR, instalados no teto, conforme dados do Quadro 3, adaptados do *data sheet* do fabricante.

Quadro 3 – Dados técnicos do chuveiro CMDA para o pavilhão 02

| Modelo JCR | |
|------------------------|---------------|
| Modelo | JCR H 20 141 |
| Fator K | 115 |
| Diâmetro | 3/4" NPT |
| Orientação | Pendente |
| Tempo de resposta | Padrão |
| Temperatura de atuação | Alta |
| Acabamento | Latão Natural |

Fonte: Elaborado pelo autor.

3.3.3 Pavilhão 03

Serão utilizados bicos CMDA da SKOP, modelo B-11, instalados no teto, conforme dados do Quadro 4, adaptados do *data sheet* do fabricante.

Quadro 4 – Dados técnicos do chuveiro CMDA para o pavilhão 03

| MODELO B-11 | |
|------------------------|---------------|
| Modelo | B-11 F 20 141 |
| Fator K | 160 |
| Diâmetro | 3/4" NPT |
| Orientação | Pendente |
| Tempo de resposta | Padrão |
| Temperatura de atuação | Alta |
| Acabamento | Latão Natural |

Fonte: Elaborado pelo autor.

3.3.4 Pavilhão 04, 05 e 06

Serão utilizados chuveiros automáticos da SKOP, linha RELIABLE, instalados no teto, conforme dados do Quadro 5, adaptados do *data sheet* do fabricante.

Quadro 5 – Dados técnicos do chuveiro ESFR para o pavilhão 04, 05 e 06

| Reliable N25 ESFR | |
|--------------------------|---------------|
| Modelo | N25 ESFR |
| Fator K | 360 |
| Diâmetro | 1" NPT |
| Orientação | Pendente |
| Tempo de resposta | Rápida |
| Temperatura de atuação | Intermediária |
| Acabamento | Latão Natural |

Fonte: Elaborado pelo autor.

3.3.5 Pavilhão 07

Serão utilizados chuveiros automáticos da SKOP, linha RELIABLE, instalados no teto, conforme dados do Quadro 6, adaptados do *data sheet* do fabricante.

Quadro 6 – Dados técnicos do chuveiro ESFR para o pavilhão 07

| Reliable HL22 ESFR | |
|---------------------------|---------------|
| Modelo | HL22 ESFR |
| Fator K | 320 |
| Diâmetro | 1" NPT |
| Orientação | Pendente |
| Tempo de resposta | Rápida |
| Temperatura de atuação | Intermediária |
| Acabamento | Latão Natural |

Fonte: Elaborado pelo autor.

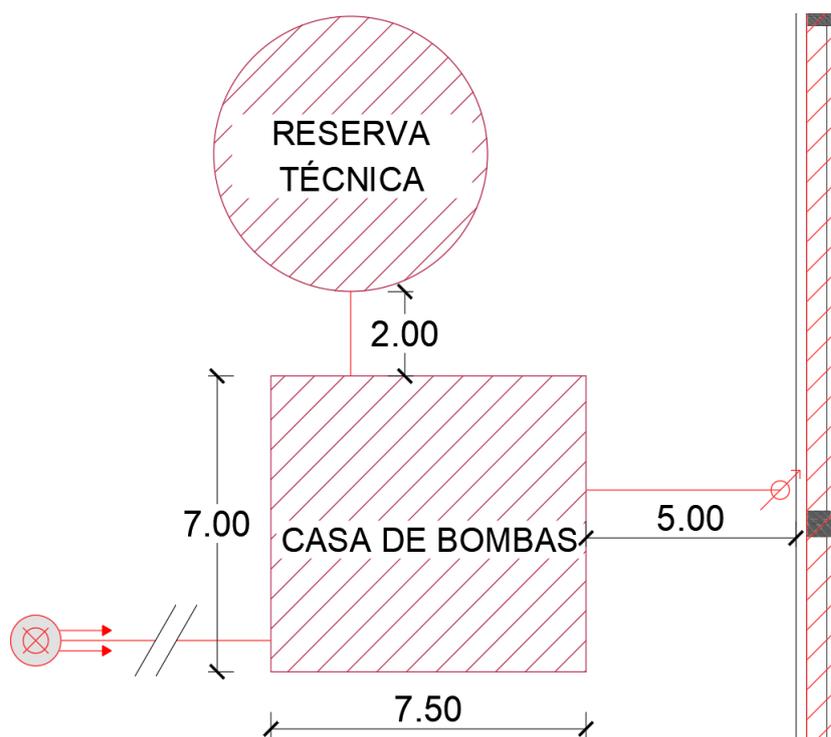
Adotou-se um fator K inferior em relação aos pavilhões 04, 05 e 06 pois a pressão necessária nesse chuveiro de fator K 320 seria a mesma do chuveiro de fator K 360, resultando assim em uma menor vazão mínima necessária por chuveiro.

3.4 RESUMO E CONSIDERAÇÕES GERAIS DOS CENÁRIOS A SEREM ANALISADOS

Serão apresentados a seguir critérios gerais que serão adotados em todos os seis cenários propostos:

- O sistema será em grelha, conforme Figura 19;
- Será utilizada tubulação de aço preto Schedule 10, sendo acopladas através de acoplamentos mecânicos ranhurados;
- Serão consideradas duas válvulas de governo no sistema, visto que cada uma possui uma limitação de área de atuação de 3.700 m², conforme Tabela 10;
- Para cálculo das vazões e pressões no sistema em grelha, será utilizado o software *SHC (Simple Hydraulic Calculator)*, destinado para dimensionamento e cálculo de sistemas de chuveiros automáticos;
- Para cálculo das perdas de carga, foi considerada a equação de Hazen-Williams, utilizando-se o fator C de 120;
- Será considerada a pressão máxima no sistema de 1.200 kPa, conforme item 5.1.3 da ABNT NBR 10.897/2020;
- A velocidade máxima a ser considerada no sistema será de 7 m/s, com intuito de limitar as perdas de carga na rede;
- Afastamento da casa de bombas e da reserva técnica de incêndio será a mesma para todas as situações, conforme Figura 47;

Figura 47 – Afastamento reserva técnica e casa de bombas



Fonte: Elaborada pelo autor.

- Será acrescida a demanda de água do sistema de hidrantes, conforme as vazões definidas na ABNR NBR 16.891/2021, visto se tratar de um sistema integrado, porém, este não será considerado para fins de orçamento.

A Tabela 18 apresenta um resumo geral das características dos cenários a serem estudados no restante do trabalho:

Tabela 18 – Resumo dos cenários estudados

| Pavilhão | Pé-direito | Altura Estocagem | Tipo de estocagem | Classificação Estocagem | Chuveiros no teto |
|----------|------------|------------------|---|-------------------------|-------------------|
| 01 | 4,60 m | 3,00 m | Fileira dupla de estruturas porta-paletes | Classe III | JCR H 20 79 |
| 02 | 6,10 m | 4,60 m | | | JCR H 20 141 |
| 03 | 7,60 m | 6,10 m | | | B-11 F 20 141 |
| 04 | 9,10 m | 7,60 m | | | N25 ESFR |
| 05 | 10,70 m | 9,10 m | | | N25 ESFR |
| 06 | 12,20 m | 10,70 m | | | N25 ESFR |
| 07 | 13,70 m | 12,20 m | | | HL22 ESFR |

Fonte: Elaborado pelo autor.

4 ANÁLISE DE RESULTADOS

Neste capítulo serão apresentados os resultados individuais obtidos para cada um dos sete pavilhões e um comparativo entre os resultados.

4.1 DIMENSIONAMENTO

O dimensionamento foi realizado seguindo o especificado anteriormente na Tabela 18 para todos os pavilhões.

4.1.1 Pavilhão 01

Foram utilizados os chuveiros automáticos especificados no Quadro 2, com seus defletores afastados 300 mm do teto. Conforme tabela 10, da ABNT NBR 10.898/2020, a cobertura máxima por chuveiro automático foi de 12,1 m², visto que a densidade considerada para o cálculo será inferior à 10,2 mm/min. Conforme item 6.2.1.1 da ABNT NBR 16.981/2021, “mercadorias de classe I a IV armazenadas até 3,7 m de altura devem ser protegidas conforme os requisitos para armazenamento transitório descrito na Seção 15” (ABNT, 2021). A Tabela 19 apresenta os critérios de proteção para esse cenário, sendo que, em destaque, está a situação em que o cenário se enquadrou, critério esse que se estenderá para as tabelas posteriores:

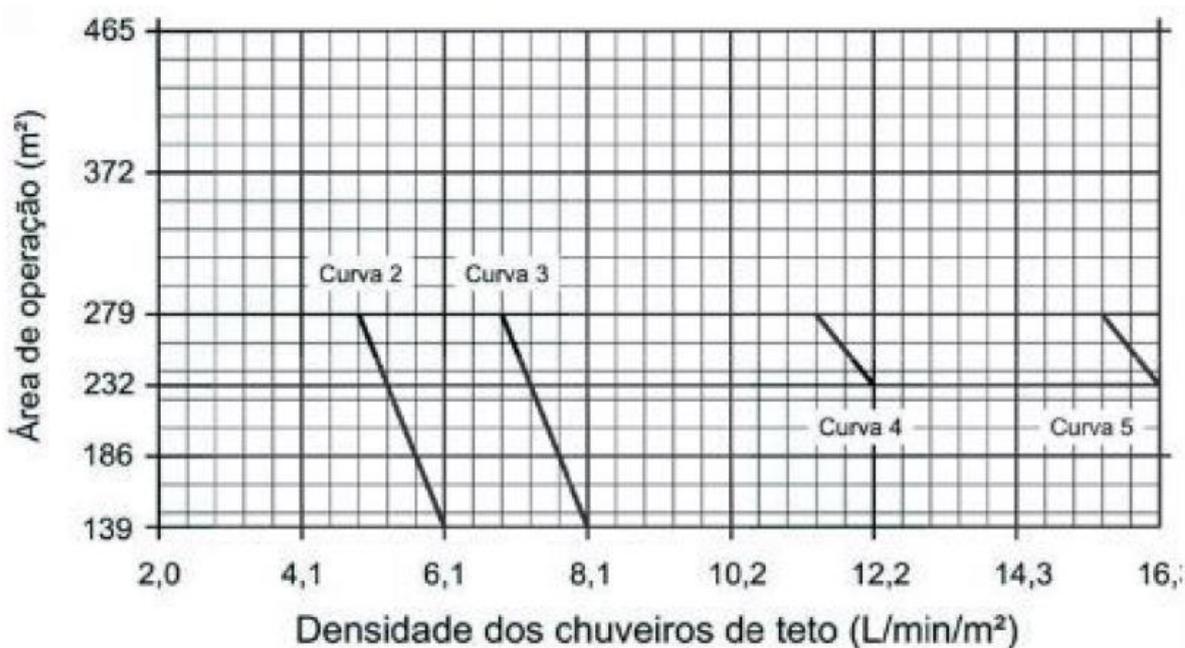
Tabela 19 – Proteção de armazenamento transitório de mercadorias de classes I a IV, até 3,7 m de altura, utilizando sistema de controle área-densidade

| Mercadoria | Método de armazenamento | Altura de armazenamento m | Altura máxima do teto m | Densidade área (ver Figura 48) | Demandes de hidrantes L/min | Duração min |
|------------|---|------------------------------|----------------------------|-----------------------------------|--------------------------------|----------------|
| Classe I | Empilhamento, estantes e estruturas porta-paletes | ≤ 3,7 | - | ORD1 - Curva 2 | 950 | 90 |
| Classe II | | ≤ 3,0 | - | ORD1 - Curva 2 | | |
| Classe II | | >3,0 a ≤ 3,7 | - | ORD2 - Curva 3 | | |
| Classe III | | ≤ 3,7 | - | ORD2 - Curva 3 | | |
| Classe IV | Empilhamento, estantes e estruturas porta-paletes | ≤ 3,0 | - | ORD2 - Curva 3 | 1.900 | 120 |
| | Empilhamento e estantes | >3,0 a ≤ 3,7 | 9,8 | ORD2 - Curva 3 | | |
| | Empilhamento e estantes | >3,0 a ≤ 3,7 | 9,8 | EXT1 - Curva 4 | | |

Fonte: Adaptada da ABNT NBR 16.981:2021.

A tabela nos informa a demanda de hidrantes, que é de no mínimo 950 L/min, e que a reserva do sistema deverá ter uma duração mínima de 90 minutos. Quanto a vazão mínima e número de chuveiros necessários a serem calculados, deverá ser verificada a Figura 48.

Figura 48 – Densidade dos chuveiros de teto para estocagens até 3,70 m de altura



Fonte: ABNT NBR 16.981:2021.

Foi considerada uma área de operação de 139 m², ou seja, para efeitos de dimensionamento, o sistema foi projetado considerando que a atuação dos bicos nessa área será o suficiente para conter a propagação do incêndio. A área de cobertura de cada bico é de 12,00 m², sendo assim, temos:

$$\frac{139 \text{ m}^2}{12 \text{ m}^2} = 11,58 \cong 12 \text{ chuveiros} \quad \text{Equação 2}$$

Para determinação do número de chuveiros automáticos no ramal, deve-se atender ao item 9.4.4.2 da ABNT NBR 10.897:2020, que determina que o lado paralelo da área de operação a ser considerada deve ser de pelo menos 1,2 vezes o valor da raiz quadrada da área de operação. Sendo assim, temos:

$$\frac{1,2\sqrt{139\text{m}^2}}{3,00 \text{ m}} = 4,72 \cong 5 \text{ chuveiros por ramal} \quad \text{Equação 3}$$

Considerando a densidade do sistema de 8,1 L/min/m² e a área de cobertura de cada bico, temos:

$$8,1 \text{ L/min/m}^2 \times 12 \text{ m}^2 = 97,2 \text{ L/min} \quad \text{Equação 4}$$

Considerando o chuveiro, especificado anteriormente, a vazão mínima requerida no bico menos favorável e a planta de layout no Apêndice H, elaborada pelo autor, obteve-se os resultados informados na Figura 49.

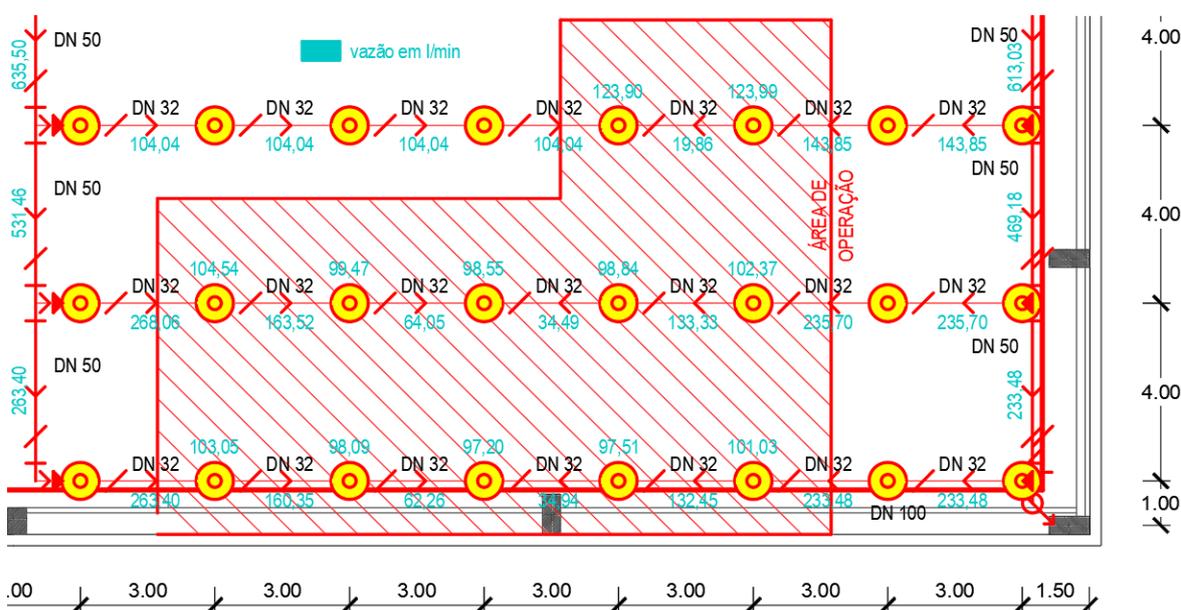
Figura 49 – Dados calculados no Pavilhão 01

| | |
|-----------------|--------------|
| Demand Flow | 2198,529 lpm |
| Demand Pressure | 900,503 kPa |
| Heads Flowing | 12 |
| Total Head Flow | 1248,529 lpm |
| Min Head Flow | 97,20 lpm |
| Max Head Flow | 123,988 lpm |
| Avg Head Flow | 104,044 lpm |
| Total Ref Flow | 950,00 lpm |
| Max Velocity | 5,54 M/s |

Fonte: Dados calculados com o uso do SHC.

A Figura 50 mostra a área de operação do Pavilhão 01, informando as vazões na tubulação, diâmetros nominais, afastamentos e vazões nos chuveiros calculados:

Figura 50 – Área de operação do Pavilhão 01



Fonte: Elaborada pelo autor.

O Quadro 7 apresenta um resumo dos valores obtidos:

Quadro 7 – Resultados Pavilhão 01

| Bomba Principal | | Bomba Jockey | | Reserva Técnica m ³ | Tubulação | | |
|------------------|---------------------------|------------------|---------------------------|--------------------------------|-----------|----------|--------------------------|
| Pressão (m.c.a.) | Vazão (m ³ /h) | Pressão (m.c.a.) | Vazão (m ³ /h) | | Ramais | Subgeral | Geral e Coluna Principal |
| 91,83 | 131,91 | 101,83 | 1,2 | 200 | 32 mm | 50 mm | 100 mm |

Fonte: Elaborado pelo autor.

4.1.2 Pavilhão 02

Foram utilizados os chuveiros automáticos especificados no Quadro 3, com seus defletores afastados 300 mm do teto. Conforme tabela 10 da ABNT NBR 10.898/2020, a cobertura máxima por chuveiro automático foi de 12,1 m², visto que a densidade considerada para o cálculo será inferior a 10,2 mm/min. A Tabela 20 apresenta os critérios de proteção para esse cenário.

Tabela 20 – Estrutura porta-paletes simples e duplas – Armazenamento acima de 3,7 m até 7,6 m, sem prateleiras sólidas (parte 1)

| Altura m | Classe | Encapsulamento | Corredores ^a m | Chuveiros Intraprateleiras Obrigatórios | Demanda de água dos chuveiros de teto | | | | | |
|---------------|--------|----------------|---------------------------|---|---------------------------------------|--------|---------------------|--------------------------------|--------|---------------------|
| | | | | | Com Chuveiros Intraprateleiras | | | Sem Chuveiros Intraprateleiras | | |
| | | | | | Figura | Curvas | Aplicar a Figura 12 | Figura | Curvas | Aplicar a Figura 12 |
| > 3,7 e ≤ 6,1 | I | Não | 1,2 | Não | 13 | C e D | - | 13 | F e H | Sim |
| | | | 2,4 | | | A e B | | | E e G | |
| | | Sim | 1,2 | Não | 17 | C e D | - | 17 | G e H | Sim |
| | | | 2,4 | | | A e B | | | E e F | |
| | II | Não | 1,2 | Não | 14 | C e D | - | 14 | G e H | Sim |
| | | | 2,4 | | | A e B | | | E e F | |
| | | Sim | 1,2 | Não | 17 | C e D | - | 17 | G e H | Sim |
| | | | 2,4 | | | A e B | | | E e F | |
| | III | Não | 1,2 | Não | 15 | C e D | Sim | 15 | G e H | Sim |
| | | | 2,4 | | | A e B | | | E e F | |
| | | Sim | 1,2 | 1 nível | 18 | C e D | - | - | - | - |
| | | | 2,4 | | | A e B | | | | |
| IV | Não | 1,2 | Não | 16 | C e D | - | 16 | G e H | Sim | |
| | | 2,4 | | | A e B | | | E e F | | |
| | Sim | 1,2 | 1 nível | 19 | C e D | - | - | - | - | |
| | | 2,4 | | | A e B | | | | | |

A = Ver a tabela 8 da ABNT NBR 16.981:2021 para interpolação de larguras de corredores

Fonte: Adaptada da ABNT NBR 16.981:2021.

A demanda de hidrantes e a duração mínima da reserva técnica atenderam o especificado na Tabela 21:

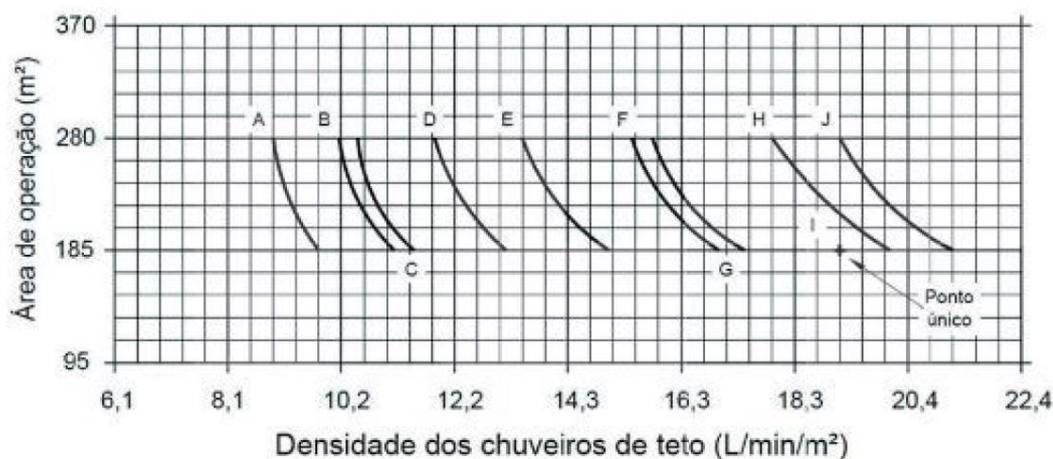
Tabela 21 – Demanda de água para hidrantes e duração da reserva de água para proteção de armazenamento em estruturas porta-paletes de mercadorias de classes I a IV até 7,6 m de altura

| Tipo de mercadoria | Altura de armazenamento m | Demanda de hidrantes L/min | Duração min |
|---------------------|---------------------------|----------------------------|-------------|
| Classes I, II e III | Acima de 3,7 | 1900 | 90 |
| Classe IV | | | 120 |

Fonte: Adaptada da ABNT NBR 16.981:2021.

Para determinação da vazão mínima e número de chuveiros necessários a serem calculados, foi considerada a Figura 51.

Figura 51 – Densidade dos chuveiros para mercadorias de classe III, não encapsuladas, em paletes convencionais, a 6,1 m de altura em estruturas porta-paletes simples, duplas e múltiplas



Fonte: ABNT NBR 16.981:2021.

Referente à curva de densidade a ser utilizada, a Tabela 20 nos permite utilizar tanto a curva E quanto a F. O que determina qual será utilizada é a faixa de temperatura dos chuveiros automáticos que serão utilizados no teto, sendo que para a curva E são considerados chuveiros de temperatura alta e para a curva F, os de faixa de temperatura ordinária, conforme tabela da figura 15 da ABNT NBR 16.981:2021. Conforme especificado no Quadro 3, foram utilizados bicos de faixa de temperatura alta, sendo assim, foi utilizada a curva E.

Foi considerada uma área de operação de 185 m², e a área de cobertura de cada bico será de 12,00 m², sendo assim, temos:

Equação 5

$$\frac{185 \text{ m}^2}{12 \text{ m}^2} = 15,41 \cong 16 \text{ chuveiros}$$

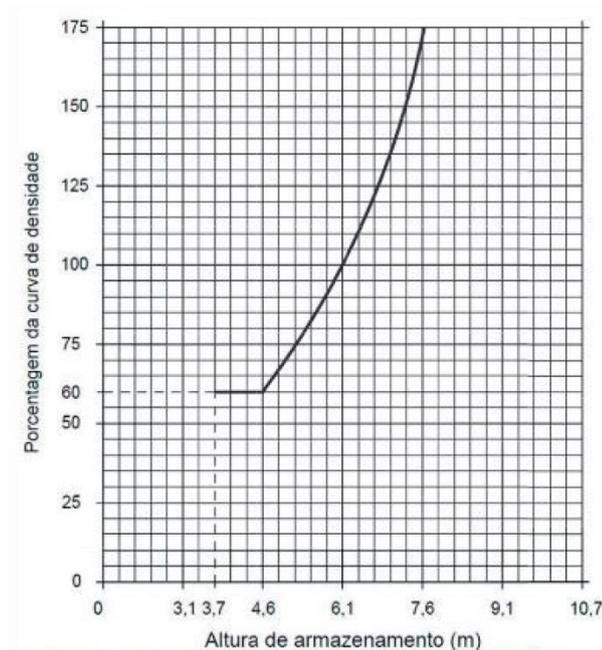
Para determinação do número de chuveiros automáticos no ramal, considerou-se o especificado abaixo:

$$\frac{1,2\sqrt{185\text{m}^2}}{3,00 \text{ m}} = 5,44 \cong 6 \text{ chuveiros por ramal}$$

Equação 6

Visto que, se considerarmos 6 chuveiros por ramal, não é possível atingir um número exato, foram considerados 4 chuveiros no ramal adjacente. A densidade do sistema, conforme Figura 51, foi de 15 L/min/m². Para a altura de estocagem de 4,6 m é possível reduzir a densidade, visto que as apontadas na Figura 51 se referem a uma altura de 6,1 m. A Figura 52, que se trata da Figura 12 nomeada na Tabela 20, apresenta o gráfico de variação da densidade:

Figura 52 – Variação da densidade do sistema de chuveiros do teto com a altura de armazenamento



Fonte: ABNT NBR 16.981:2021.

Considerando a densidade do sistema de 15,00 L/min/m² e a redução aplicada na Figura 52, temos:

$$15,0 \text{ L/min/m}^2 \times 0,6 = 9,0 \text{ L/min/m}^2$$

Equação 7

Considerando a densidade do sistema de 9,0 L/min/m² e a área de cobertura de cada bico, temos:

$$9,0 \text{ L/min/m}^2 \times 12 \text{ m}^2 = 108,00 \text{ L/min} \quad \text{Equação 8}$$

Considerando o chuveiro especificado anteriormente, a vazão mínima requerida no bico menos favorável e a planta de *layout* no Apêndice I, elaborada pelo autor, obteve-se os resultados informados na Figura 53.

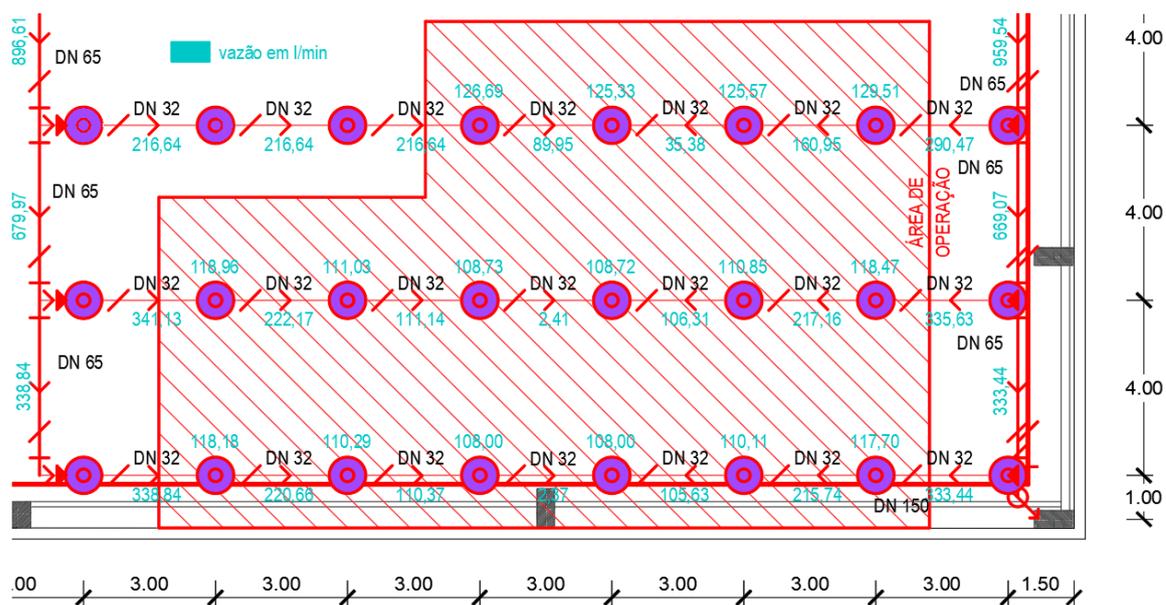
Figura 53 – Dados calculados no Pavilhão 02

| | |
|-----------------|--------------|
| Demand Flow | 3756,147 lpm |
| Demand Pressure | 696,028 kPa |
| Heads Flowing | 16 |
| Total Head Flow | 1856,147 lpm |
| Min Head Flow | 108,00 lpm |
| Max Head Flow | 129,512 lpm |
| Avg Head Flow | 116,009 lpm |
| Total Ref Flow | 1900,00 lpm |
| Max Velocity | 5,63 M/s |

Fonte: Dados calculados com o uso do SHC.

A Figura 54 mostra a área de operação do Pavilhão 02, informando as vazões na tubulação, diâmetros nominais, afastamentos e vazões nos chuveiros calculados:

Figura 54 – Área de operação do Pavilhão 02



Fonte: Elaborado pelo Autor.

O Quadro 8 apresenta um resumo dos valores obtidos:

Quadro 8 – Resultados Pavilhão 02

| Bomba Principal | | Bomba Jockey | | Reserva Técnica m ³ | Tubulação | | |
|------------------|---------------------------|------------------|---------------------------|--------------------------------|-----------|----------|--------------------------|
| Pressão (m.c.a.) | Vazão (m ³ /h) | Pressão (m.c.a.) | Vazão (m ³ /h) | | Ramais | Subgeral | Geral e Coluna Principal |
| 70,98 | 225,37 | 80,98 | 1,2 | 340 | 32 mm | 65 mm | 150 mm |

Fonte: Elaborado pelo autor.

4.1.3 Pavilhão 03

Foram utilizados os chuveiros automáticos especificados no Quadro 3, com seus defletores afastados 300 mm do teto. Conforme tabela 10 da ABNT NBR 10.898/2020, a cobertura máxima por chuveiro automático foi de 9,3 m², visto que a densidade considerada para o cálculo será superior a 10,2 mm/min. Para estocagem de até 6,10 m, utilizou-se a mesma referência adotada no pavilhão 02, sendo inclusive utilizada a curva E da Figura 51.

Foi considerada uma área de operação de 185 m², e a área de cobertura de cada bico foi de 9,00 m², sendo assim, temos:

$$\frac{185 \text{ m}^2}{9 \text{ m}^2} = 20,55 \cong 21 \text{ chuveiros} \quad \text{Equação 9}$$

Para determinação do número de chuveiros automáticos no ramal, considerou-se o especificado abaixo:

$$\frac{1,2\sqrt{185\text{m}^2}}{3,00 \text{ m}} = 5,44 \cong 6 \text{ chuveiros por ramal} \quad \text{Equação 10}$$

Visto que, se considerarmos 6 chuveiros por ramal, não foi possível atingir um número exato, portanto, foram considerados 3 chuveiros no ramal adjacente. A densidade do sistema, conforme Figura 51, foi de 15 L/min/m². Para a altura de 6,1 m não foi necessário modificar a densidade, visto que as densidades apontadas na Figura 52 se referem a essa altura.

Considerando a densidade do sistema de 15,0 L/min/m² e a área de cobertura de cada bico, temos:

$$15,0 \text{ L/min/m}^2 \times 9 \text{ m}^2 = 135,00 \text{ L/min} \quad \text{Equação 11}$$

Considerando o chuveiro especificado anteriormente, a vazão mínima requerida no bico menos favorável e a planta de *layout* no Apêndice J, elaborada pelo autor, obteve-se os resultados informados na Figura 55.

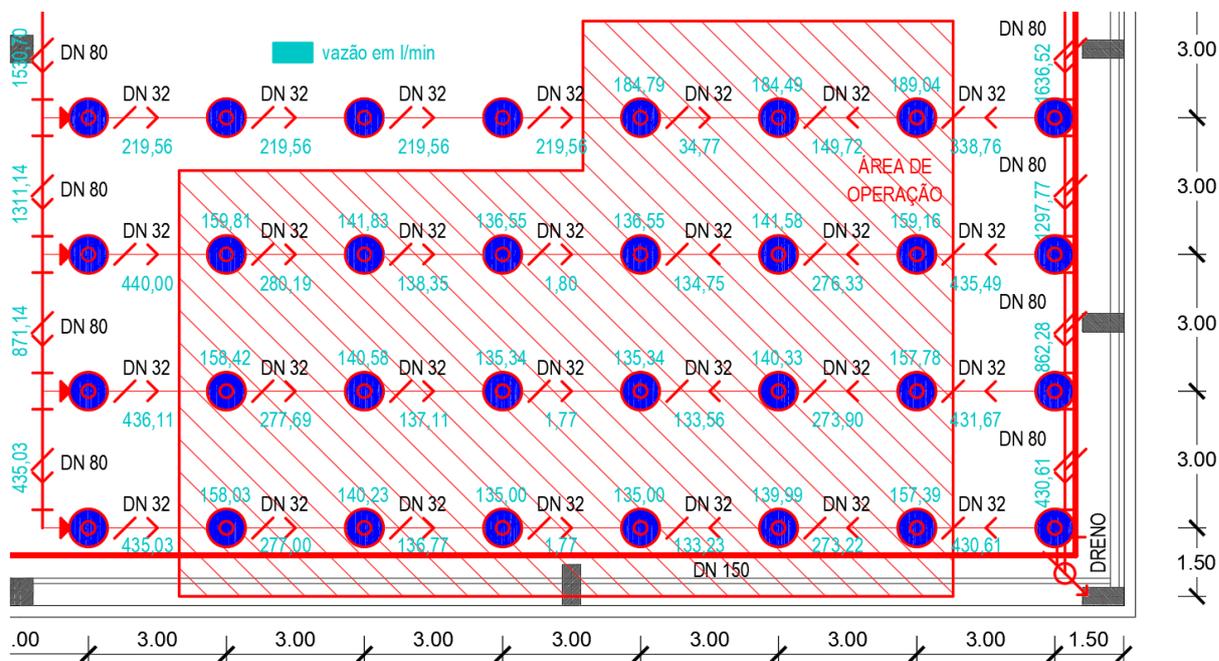
Figura 55 – Dados calculados no Pavilhão 03

| | |
|-----------------|--------------|
| Demand Flow | 5067,224 lpm |
| Demand Pressure | 756,889 kPa |
| Heads Flowing | 21 |
| Total Head Flow | 3167,224 lpm |
| Min Head Flow | 135,00 lpm |
| Max Head Flow | 189,039 lpm |
| Avg Head Flow | 150,82 lpm |
| Total Ref Flow | 1900,00 lpm |
| Max Velocity | 6,97 M/s |

Fonte: Dados calculados com o uso do SHC.

A Figura 56 mostra a área de operação do Pavilhão 03, informando as vazões na tubulação, diâmetros nominais, afastamentos e vazões nos chuveiros calculados:

Figura 56 – Área de operação do Pavilhão 03



Fonte: Elaborado pelo Autor.

O Quadro 9 apresenta um resumo dos valores obtidos:

Quadro 9 – Resultados Pavilhão 03

| Bomba Principal | | Bomba Jockey | | Reserva Técnica m ³ | Tubulação | | |
|------------------|---------------------------|------------------|---------------------------|--------------------------------|-----------|----------|--------------------------|
| Pressão (m.c.a.) | Vazão (m ³ /h) | Pressão (m.c.a.) | Vazão (m ³ /h) | | Ramais | Subgeral | Geral e Coluna Principal |
| 77,18 | 304,03 | 87,18 | 1,2 | 460 | 32 mm | 80 mm | 150 mm |

Fonte: Elaborado pelo autor.

4.1.4 Pavilhão 04

Foram utilizados os chuveiros automáticos especificados no Quadro 5, com seus defletores afastados 300 mm do teto. Conforme tabela 14 da ABNT NBR 10.898/2020, a cobertura máxima por chuveiro automático foi de 9,3 m², visto que o forro da edificação é incombustível. A Tabela 22 apresenta os critérios de proteção para esse cenário.

Tabela 22 – Chuveiros ESFR para classes I a IV em estruturas porta-paletes, sem prateleiras sólidas, até 7,6 m

| Configuração de armazenamento | Mercadoria | Altura máxima de armazenamento m | Altura máxima do teto m | Fator k | Orientação | Pressão mínima de operação bar | Chuveiros intra-prateleiras | Hidrantes L/min | Duração min | |
|--|--|----------------------------------|-------------------------|---------|-------------------|--------------------------------|-----------------------------|-----------------|-------------|-----|
| Estruturas porta-paletes simples, duplas e múltiplas (sem recipientes abertos) | Classes I, II, III ou IV, encapsulada ou não encapsulada | 7,6 | 9,1 | 200 | Em pé ou pendente | 3,4 | Não | 950 | 60 | |
| | | | | 240 | Em pé ou pendente | 2,4 | Não | | | |
| | | | | 320 | Pendente | 1,7 | Não | | | |
| | | | | 360 | Pendente | 1,0 | Não | | | |
| | | | 9,8 | 200 | Em pé ou pendente | 4,1 | Não | | | |
| | | | | 240 | Em pé ou pendente | 2,9 | Não | | | |
| | | | | 200 | Em pé ou pendente | 5,2 | Não | | | |
| | | | | 10,7 | 240 | Em pé ou pendente | 3,6 | | | Não |
| | | | 12,2 | 320 | Pendente | 2,4 | Não | | | |
| | | | | 360 | Pendente | 1,4 | Não | | | |
| | | | | 240 | Em pé ou pendente | 3,6 | Não | | | |
| | | | | 320 | Pendente | 2,8 | Não | | | |
| | | | | 360 | Pendente | 1,7 | Não | | | |
| | | | | 13,7 | 200 | Em pé ou pendente | 6,2 | | | Sim |
| | | | | | 240 | Em pé ou pendente | 4,4 | | | Sim |
| | | | | | 320 | Pendente | 2,8 | | | Não |
| 360 | Pendente | 2,8 | Não | | | | | | | |

Fonte: Adaptada da ABNT NBR 16.981:2021.

A tabela nos informa a demanda de hidrantes, que deverá ser de no mínimo 950 L/min e a reserva do sistema, que deverá ter uma duração mínima de 60 minutos. É apresentado também a pressão mínima de operação no chuveiro menos favorável que, juntamente com o valor do fator K, foi possível calcular a vazão mínima no bico menos favorável, conforme equação abaixo:

$$360 \text{ L/min}/\sqrt{\text{bar}} \times \sqrt{1,0} = 360,00 \text{ L/min} \quad \text{Equação 12}$$

O número de chuveiros automáticos que foram calculados é definido pelo item 6.2.3.3 da ABNT NBR 16.981:2021, que define que devem ser considerados 12 bicos, sendo quatro chuveiros em três ramais.

Considerando o chuveiro especificado anteriormente, a vazão mínima requerida no bico menos favorável e a planta de *layout* no Apêndice K, elaborada pelo autor, obteve-se os resultados informados na Figura 57.

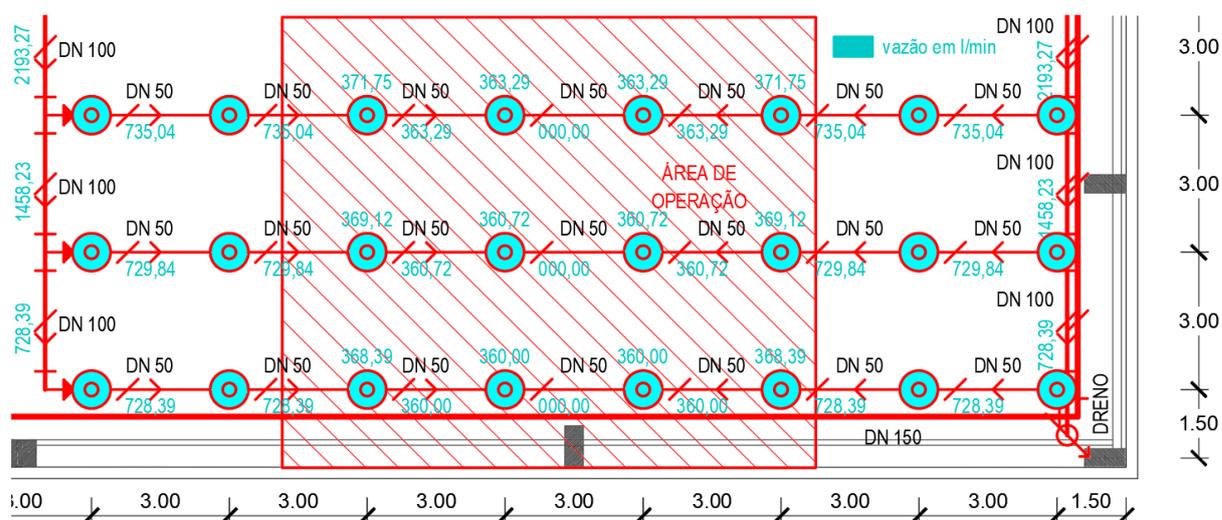
Figura 57 – Dados calculados no Pavilhão 04

| | |
|-----------------|--------------|
| Demand Flow | 5336,543 lpm |
| Demand Pressure | 659,648 kPa |
| Heads Flowing | 12 |
| Total Head Flow | 4386,543 lpm |
| Min Head Flow | 360,00 lpm |
| Max Head Flow | 371,749 lpm |
| Avg Head Flow | 365,545 lpm |
| Total Ref Flow | 950,00 lpm |
| Max Velocity | 5,19 M/s |

Fonte: Dados calculados com o uso do SHC.

A Figura 58 mostra a área de operação do Pavilhão 04, informando as vazões na tubulação, diâmetros nominais, afastamentos e vazões nos chuveiros calculados:

Figura 58 – Área de operação do Pavilhão 04



Fonte: Elaborado pelo autor.

O Quadro 10 apresenta um resumo dos valores encontrados:

Quadro 10 – Resultados Pavilhão 04

| Bomba Principal | | Bomba Jockey | | Reserva Técnica m ³ | Tubulação | | |
|------------------|---------------------------|------------------|---------------------------|--------------------------------|-----------|----------|--------------------------|
| Pressão (m.c.a.) | Vazão (m ³ /h) | Pressão (m.c.a.) | Vazão (m ³ /h) | | Ramais | Subgeral | Geral e Coluna Principal |
| 67,27 | 320,19 | 77,27 | 1,2 | 325 | 50 mm | 100 mm | 150 mm |

Fonte: Elaborado pelo autor.

4.1.5 Pavilhão 05

Foram utilizados os chuveiros automáticos especificados no Quadro 5, com seus defletores afastados 300 mm do teto. Conforme tabela 14 da ABNT NBR 10.898/2020, a cobertura máxima por chuveiro automático foi de 9,3 m², visto que o forro da edificação é incombustível. A Tabela 23 apresenta os critérios de proteção para esse cenário. Para os Pavilhões 05 e 06, foi utilizada a mesma tabela, visto que esta contempla estocagens até 12,20 m e pé-direito de 13,70 m.

Tabela 23 – Chuveiros ESFR para classes I a IV em estruturas porta-paletes, sem prateleiras sólidas, acima de 7,6 m de altura

| Configuração de armazenamento | Mercadoria | Altura máxima de armazenamento m | Altura máxima do teto m | Fator k | Orientação | Pressão mínima de operação bar | Chuveiros intra-prateleiras | Hidrantes L/min | Duração min |
|---|------------|----------------------------------|-------------------------|---------|-------------------|--------------------------------|-----------------------------|-----------------|-------------|
| Estruturas porta-paletes Classes I, II, III ou IV, encapsulada ou não encapsulada (sem recipientes abertos) | | 10,7 | 10,7 | 200 | Em pé ou pendente | 5,2 | Não | 950 | 60 |
| | | | | 240 | Em pé ou pendente | 3,6 | Não | | |
| | | | | 320 | Pendente | 2,4 | Não | | |
| | | | | 360 | Pendente | 1,4 | Não | | |
| | | | | 240 | Pendente | 3,6 | Não | | |
| | | | | 320 | Pendente | 2,8 | Não | | |
| | | 9,1 | 12,2 | 360 | Pendente | 1,7 | Não | | |
| | | | | 200 | Pendente | 6,2 | Sim | | |
| | | | | 240 | Pendente | 4,3 | Sim | | |
| | | | | 320 | Pendente | 2,8 | Não | | |
| | | | | 360 | Pendente | 2,8 | Não | | |
| | | | | 240 | Pendente | 4,3 | Sim | | |
| | | 10,7 | 13,7 | 240 | Pendente | 3,6 | Não | | |
| | | | | 320 | Pendente | 2,8 | Não | | |
| | | | | 360 | Pendente | 1,7 | Não | | |
| | | | | 200 | Pendente | 6,2 | Sim | | |
| | | | | 240 | Pendente | 4,3 | Sim | | |
| | | | | 320 | Pendente | 2,8 | Não | | |
| | | 12,2 | 13,7 | 360 | Pendente | 2,8 | Não | | |
| | | | | 240 | Pendente | 4,3 | Sim | | |
| 320 | Pendente | | | 2,8 | Não | | | | |
| 360 | Pendente | | | 2,8 | Não | | | | |

Situação aplicada no Pavilhão 05

Situação aplicada no Pavilhão 06

Situação aplicada no Pavilhão 07

Fonte: Adaptada da ABNT NBR 16.981:2021.

A tabela nos informa a demanda de hidrantes, que deverá ser de no mínimo 950 L/min e a reserva do sistema, que deverá ter uma duração mínima de 60 minutos. É apresentado também a pressão mínima de operação no chuveiro menos favorável que, juntamente com o valor do fator K, é possível calcular a vazão mínima no bico menos favorável, conforme equação abaixo:

$$360 \text{ L/min}/\sqrt{\text{bar}} \times \sqrt{1,4} = 425,96 \text{ L/min}$$

Equação 13

O número de chuveiros automáticos a serem calculados foi definido pelo item 6.3.3.3 da ABNT NBR 16.981:2021, que define que devem ser considerados 12 chuveiros, sendo quatro bicos em três ramais.

Considerando o chuveiro especificado anteriormente, a vazão mínima requerida no bico menos favorável e a planta de *layout* no Apêndice L, elaborada pelo autor, obtiveram-se os resultados informados na Figura 59.

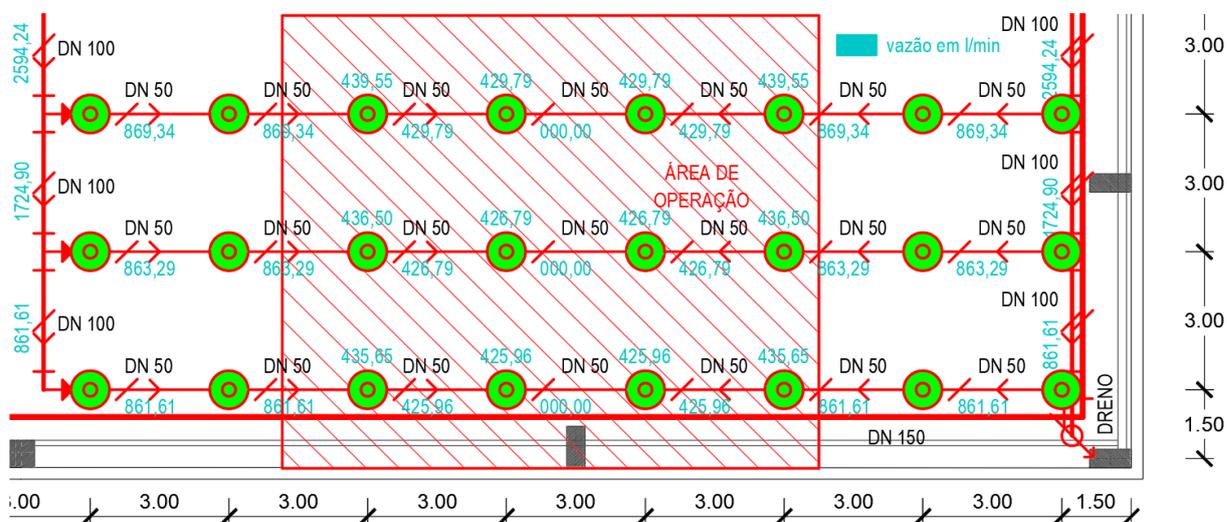
Figura 59 – Dados calculados no Pavilhão 05

| | |
|-----------------|--------------|
| Demand Flow | 6138,473 lpm |
| Demand Pressure | 873,671 kPa |
| Heads Flowing | 12 |
| Total Head Flow | 5188,473 lpm |
| Min Head Flow | 425,96 lpm |
| Max Head Flow | 439,551 lpm |
| Avg Head Flow | 432,373 lpm |
| Total Ref Flow | 950,00 lpm |
| Max Velocity | 6,14 M/s |

Fonte: Dados calculados com o uso do SHC.

A Figura 60 mostra a área de operação do Pavilhão 05, informando as vazões na tubulação, diâmetros nominais, afastamentos e vazões nos chuveiros calculados:

Figura 60 – Área de operação do Pavilhão 05



Fonte: Elaborada pelo autor.

O Quadro 11 apresenta um resumo dos valores obtidos:

Quadro 11 – Resultados Pavilhão 05

| Bomba Principal | | Bomba Jockey | | Reserva Técnica m ³ | Tubulação | | |
|------------------|---------------------------|------------------|---------------------------|--------------------------------|-----------|----------|--------------------------|
| Pressão (m.c.a.) | Vazão (m ³ /h) | Pressão (m.c.a.) | Vazão (m ³ /h) | | Ramais | Subgeral | Geral e Coluna Principal |
| 89,09 | 368,31 | 99,09 | 1,2 | 370 | 50 mm | 100 mm | 150 mm |

Fonte: Elaborado pelo autor.

4.1.6 Pavilhão 06

Foram utilizados os chuveiros automáticos especificados no Quadro 5, com seus defletores afastados 300 mm do teto. Conforme tabela 14 da ABNT NBR 10.898/2020, a cobertura máxima por chuveiro automático foi de 9,3 m², visto que o forro da edificação é incombustível. Os critérios de proteção foram apontados na Tabela 23, apresentada anteriormente.

A demanda de hidrantes é de 950 L/min, a reserva técnica tem uma duração mínima de 60 minutos e foram necessários o cálculo de 12 chuveiros, sendo quatro bicos em três ramais. A vazão mínima no bico menos favorável pode ser verificada na equação abaixo:

$$360 \text{ L/min}/\sqrt{\text{bar}} \times \sqrt{1,7} = 469,38 \text{ L/min} \quad \text{Equação 14}$$

Considerando o chuveiro especificado anteriormente, a vazão mínima requerida no bico menos favorável e a planta de *layout* no Apêndice M, elaborada pelo autor, obteve-se os resultados informados na Figura 61.

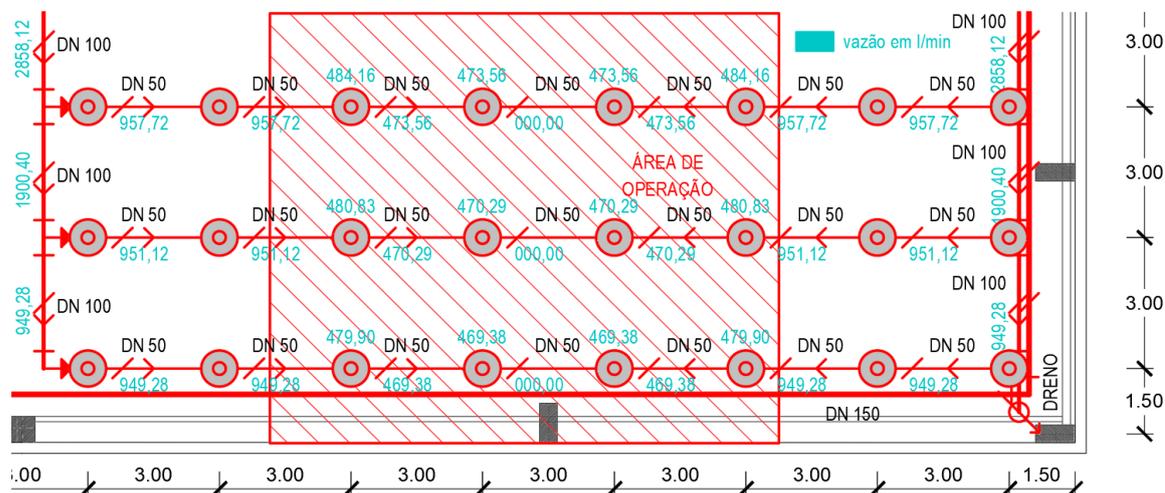
Figura 61 – Dados calculados no Pavilhão 06

| | |
|-----------------|--------------|
| Demand Flow | 6666,243 lpm |
| Demand Pressure | 1029,902 kPa |
| Heads Flowing | 12 |
| Total Head Flow | 5716,243 lpm |
| Min Head Flow | 469,38 lpm |
| Max Head Flow | 484,162 lpm |
| Avg Head Flow | 476,354 lpm |
| Total Ref Flow | 950,00 lpm |
| Max Velocity | 6,77 M/s |

Fonte: Dados calculados com o uso do SHC.

A Figura 62 mostra a área de operação do Pavilhão 06, informando as vazões na tubulação, diâmetros nominais, afastamentos e vazões nos chuveiros calculados:

Figura 62 – Área de operação do Pavilhão 06



Fonte: Elaborada pelo autor, adaptado do SHC.

O Quadro 12 apresenta um resumo dos valores obtidos:

Quadro 12 – Resultados Pavilhão 06

| Bomba Principal | | Bomba Jockey | | Reserva Técnica m ³ | Tubulação | | |
|------------------|---------------------------|------------------|---------------------------|--------------------------------|-----------|----------|--------------------------|
| Pressão (m.c.a.) | Vazão (m ³ /h) | Pressão (m.c.a.) | Vazão (m ³ /h) | | Ramais | Subgeral | Geral e Coluna Principal |
| 105,00 | 399,97 | 115,00 | 1,2 | 400 | 50 mm | 100 mm | 150 mm |

Fonte: Elaborado pelo autor.

4.1.7 Pavilhão 07

Serão utilizados os chuveiros automáticos especificados no Quadro 6, com seus defletores afastados 300 mm do teto. Conforme tabela 14 da ABNT NBR 10.898/2020, a cobertura máxima por chuveiro automático será de 9,3 m², visto que o forro da edificação é incombustível. Os critérios de proteção foram apontados na Tabela 23, apresentada anteriormente.

A demanda de hidrantes será de 950 L/min, a reserva técnica terá uma duração mínima de 60 minutos e será necessário o cálculo de 12 chuveiros, sendo quatro bicos em três ramais. A vazão mínima no bico menos favorável pode ser verificada na equação abaixo:

$$320 \text{ L/min}/\sqrt{\text{bar}} \times \sqrt{2,8} = 535,46 \text{ L/min}$$

Equação 15

Considerando o chuveiro especificado anteriormente, a vazão mínima requerida no bico menos favorável e a planta de *layout* no Apêndice N, elaborada pelo autor, obteve-se os resultados informados na Figura 63.

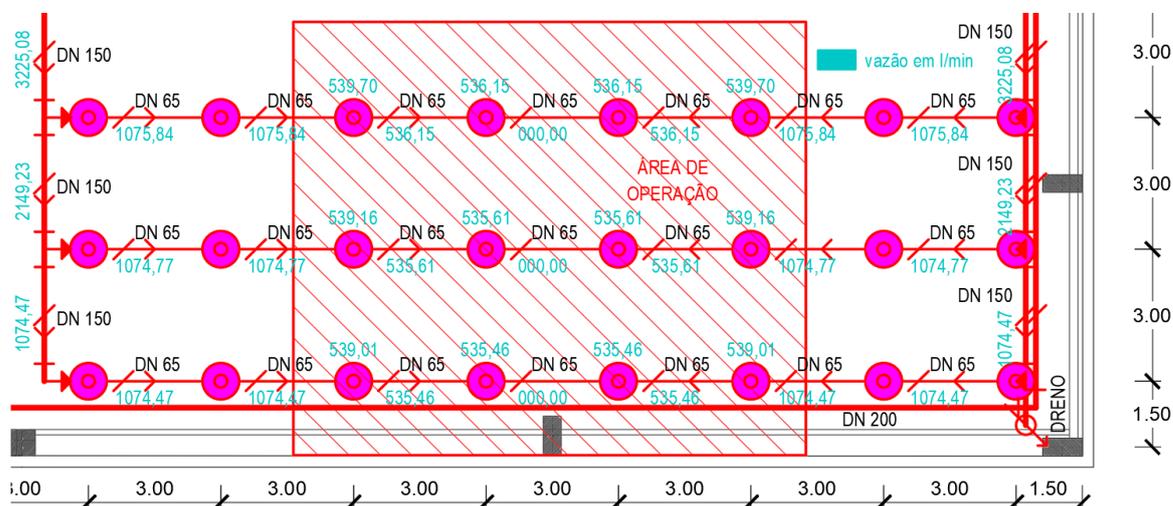
Figura 63 – Dados calculados no Pavilhão 07

| | |
|-----------------|-------------|
| Demand Flow | 7400,15 lpm |
| Demand Pressure | 682,158 kPa |
| Heads Flowing | 12 |
| Total Head Flow | 6450,15 lpm |
| Min Head Flow | 535,46 lpm |
| Max Head Flow | 539,697 lpm |
| Avg Head Flow | 537,513 lpm |
| Total Ref Flow | 950,00 lpm |
| Max Velocity | 5,1 M/s |

Fonte: Dados calculados com o uso do SHC.

A Figura 64 mostra a área de operação do Pavilhão 07, informando as vazões na tubulação, diâmetros nominais, afastamentos e vazões nos chuveiros calculados:

Figura 64 – Área de operação do Pavilhão 07



Fonte: Elaborada pelo autor, adaptado do SHC.

O Quadro 13 apresenta um resumo dos valores obtidos:

Quadro 13 – Resultados Pavilhão 07

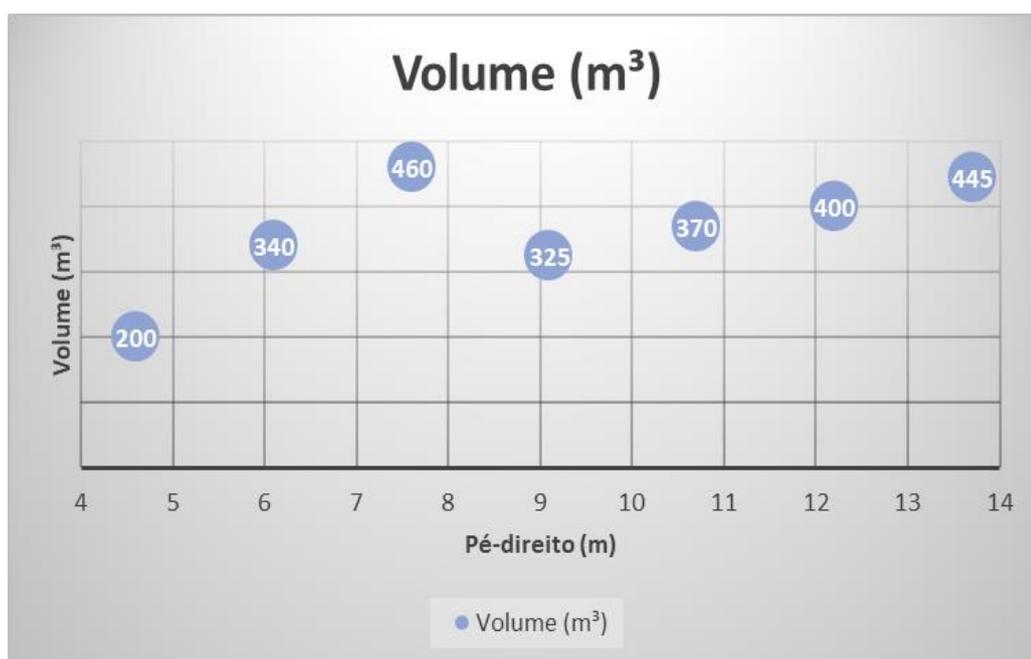
| Bomba Principal | | Bomba Jockey | | Reserva Técnica m ³ | Tubulação | | |
|------------------|---------------------------|------------------|---------------------------|--------------------------------|-----------|----------|--------------------------|
| Pressão (m.c.a.) | Vazão (m ³ /h) | Pressão (m.c.a.) | Vazão (m ³ /h) | | Ramais | Subgeral | Geral e Coluna Principal |
| 69,56 | 444,01 | 79,56 | 1,2 | 445 | 65 mm | 150 mm | 200 mm |

Fonte: Elaborado pelo autor.

4.7 COMPARAÇÃO DA RESERVA TÉCNICA DE INCÊNDIO

A Figura 65 mostra o gráfico comparando a reserva técnica para o pé-direito informado dos setes pavilhões.

Figura 65 – Reserva técnica por pé-direito



Fonte: Elaborada pelo autor.

Podemos observar que o terceiro menor pé-direito considerado resultou em uma maior reserva técnica do que os pé-direitos adotados até 13,70 m. Isso ocorreu porque para os pavilhões de 04 a 07 foram adotados chuveiros de vazão e supressão de incêndio, que possui as seguintes diferenças de projeto:

- Para os pavilhões 01, 02 e 03 foi necessária uma reserva técnica com duração de no mínimo 90 minutos, enquanto para as situações em que foram utilizados chuveiros ESFR, foi necessária uma reserva de 60 minutos;
- Para o método controle e densidade muitas vezes são calculados mais bicos em operação, visto que estes têm como intuito controlar o incêndio, e não o suprimir, por isso, o número de bicos considerados no cálculo sempre varia. Para o pavilhão 01 foram necessários os mesmos 12 chuveiros exigidos por padrão quando são utilizados chuveiros de supressão, conforme cálculo apontado anteriormente,

enquanto no pavilhão 02 foram considerados 16 em operação e no pavilhão 03 foram considerados 21, conforme equações 5 e 9;

- O sistema de hidrantes, pela ABNT NBR 16.981:2021, em algumas situações, exige uma vazão superior quando são utilizados chuveiros de controle e densidade, visto que os bicos não foram projetados para suprimir o incêndio, exigindo um combate ao foco após o seu controle. Para o pavilhão 02 e 03 foram consideradas uma demanda de 1.900 L/min para o sistema de hidrantes, enquanto para os demais, foi exigido 950 L/min, conforme critérios apontados anteriormente.

Caso no pavilhão 03 fossem adotados chuveiros ESFR, a reserva técnica seria muito próxima à encontrada no pavilhão 04, já que é exigida uma pressão mínima de operação semelhante nesses casos. A Tabela 24 mostra a relação fator K e pressão mínima para os pavilhões 03 a 07, considerando chuveiros ESFR com fatores K que resultariam na menor vazão.

Tabela 24 – Pressões mínimas necessárias para cada fator K de chuveiros ESFR

| Pavilhão | Pé-direito m | Altura Estocagem m | Fator K | Pressão Mínima de Operação bar | Vazão mínima no chuveiro menos favorável L/min |
|----------|-----------------|-----------------------|---------|--------------------------------------|--|
| 3 | 7,60 | 6,10 | 360 | 1,0 | 360,00 |
| 4 | 9,10 | 7,60 | 360 | 1,0 | 360,00 |
| 5 | 10,70 | 9,10 | 360 | 1,4 | 425,96 |
| 6 | 12,20 | 10,70 | 360 | 1,7 | 469,38 |
| 7 | 13,70 | 12,20 | 320 | 2,8 | 535,46 |

Fonte: Adaptada da ABNT NBR 16.981:2021.

Nos pavilhões de 04 a 07 podemos observar uma crescente quase linear da reserva técnica em relação ao pé-direito, enquanto no pavilhão 01 temos uma reserva técnica consideravelmente inferior às outras situações.

4.8 FLEXIBILIDADE PARA AS SOLUÇÕES ADOTADAS

A ABNT NBR 16.981:2021 apresenta critérios que levam em consideração largura de corredores, fileiras, materiais e como estes são estocados, porém, algumas situações apresentam uma maior flexibilidade que outras, o que muitas

vezes é interessante, visto que as edificações muitas vezes são destinadas à locação, podendo possuir alteração de materiais estocados ou *layout*.

Nessas situações, é interessante apresentar um projeto que apresente algumas situações mais abrangentes, de modo que, caso ocorram mudanças, o sistema esteja corretamente dimensionado para o novo risco, sem maiores gastos de adaptação. Seguem abaixo algumas considerações:

- Pavilhão 01 – Conforme Tabela 19, que considera a utilização de chuveiros CMDA, é possível observar que a edificação se encontra em uma situação com pouca flexibilidade, já que, se ao invés de materiais de classe III fossem estocados materiais de classe IV, teríamos mudanças significativas como, por exemplo, um aumento na área de cobertura por chuveiro, que passaria de 12,00 m² para 9,00 m², na reserva técnica, que passaria de 90 para 120 minutos e na densidade, conforme Figura 48, o que resultaria em uma maior vazão por bico, e, conseqüentemente, um sistema mais caro.
- Pavilhão 02 e 03 – Também considerando a utilização de chuveiros CMDA, além da situação calculada anteriormente não contemplar materiais de classe IV, por exemplo, a Tabela 20 apresenta também outras variáveis que influenciam no dimensionamento do sistema como, por exemplo, a largura dos corredores, se as mercadorias estão ou não encapsuladas além de a referida tabela não abranger configuração de fileiras múltiplas de porta-paletes, sendo necessários critérios distintos.
- Pavilhões 04 a 07 – Situações em que foram utilizados chuveiros do tipo ESFR, conforme critérios apresentados nas Tabelas 22 e 23, que abrangem as classes I a IV, fileiras simples, duplas e múltiplas, recipientes encapsulados ou não, todas essas sem alteração nos critérios de prevenção.

4.9 ANÁLISE DE CUSTOS

Considerando os sete pavilhões do estudo, elaborou-se uma estimativa de custos no mês de maio de 2022 para a implementação do sistema, não tendo sido computados a mão de obra, hidrantes e custos de instalação elétrica para a ligação

e automação das bombas de incêndio. A Tabela 25 apresenta o custo de implementação do sistema por pavilhão. Os valores detalhados poderão ser verificados nos Apêndices A até G.

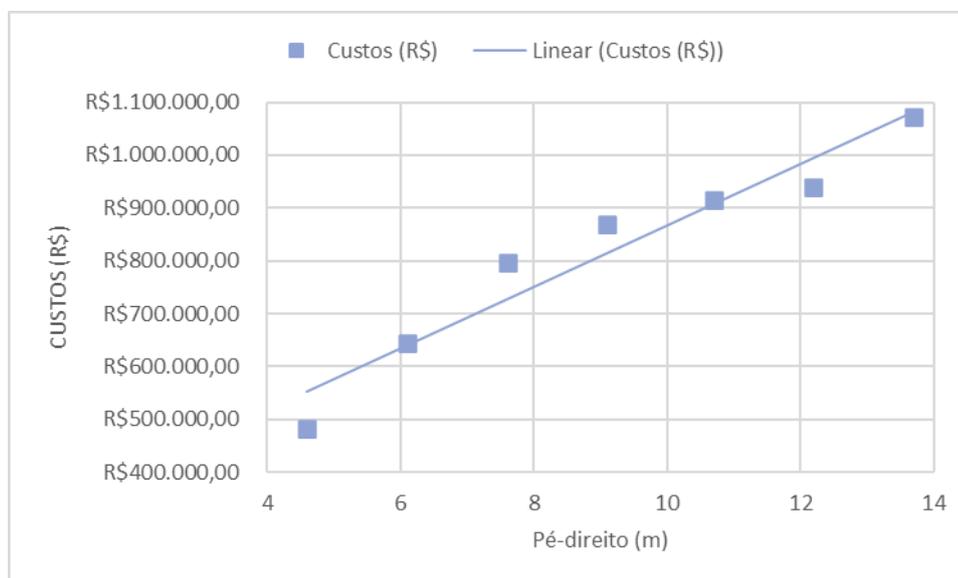
Tabela 25 – Custo de implementação do sistema de chuveiros por pavilhão

| Pavilhão | Pé-direito m | Altura Estocagem m | Tipo de Chuveiro | Custo de implementação R\$ |
|----------|-----------------|-----------------------|------------------|-------------------------------|
| 1 | 4,60 | 3,00 | CMDA | 482.892,11 |
| 2 | 6,10 | 4,60 | CMDA | 644.504,28 |
| 3 | 7,60 | 6,10 | CMDA | 797.143,49 |
| 4 | 9,10 | 7,60 | ESFR | 869.296,57 |
| 5 | 10,70 | 9,10 | ESFR | 915.999,15 |
| 6 | 12,20 | 10,70 | ESFR | 938.985,32 |
| 7 | 13,70 | 12,20 | ESFR | 1.072.887,84 |

Fonte: Elaborada pelo autor.

Para fins de facilitar a visualização, a Figura 66 apresenta a curva relacionando as alturas de transição do pé-direito e os custos de implementação do sistema.

Figura 66 – Custos de implementação do sistema de chuveiros por pé-direito



Fonte: Elaborada pelo autor.

5 DISCUSSÃO

Podemos observar que existem algumas alturas definidas por norma que se trata de alturas de transição, ou seja, que a partir daquele ponto alteram-se os critérios de prevenção, tornando-se assim mais rigorosos, o que resulta em um sistema mais caro para implementação. Essa relação acaba não sendo linear, visto que a diferença de implementação dos pavilhões 04 a 06 é relativamente baixa se comparada às outras situações, já que a diferença de pressão mínima de operação necessária para o bico mais desfavorável é pequena, sendo 1 Bar para 9,20 m, 1,4 Bar para 10,70 m e 1,7 Bar para 12,20 m.

O último pé-direito contemplado pela ABNT NBR 16.981:2021 é o de 13,7 m para bicos do tipo ESFR, utilizados nos pavilhões 04 a 07, ou seja, essa norma não apresenta critérios de projeto e instalação para a utilização de bicos ESFR para edificações com pé-direito acima disso. A ABNT NBR 16.981:2021 apresenta para esses casos critérios de projeto utilizando bicos CMDA instalados tanto no teto, quanto em níveis intermediários (*in-rack*), solução não muito bem-vista e aceita quando proposta aos proprietários, já que dentro dos porta-paletes haverá instalações de combate a incêndio que podem engessar o layout e deverão ter as distâncias entre defletor e topo da mercadoria respeitados para o efetivo funcionamento do sistema. Além disso, teme-se possíveis acidentes, devido ao uso de empilhadeiras que poderão atingir a tubulação.

Embora exista essa limitação da ABNT NBR 16.981:2021 em suas tabelas, muitos laboratórios estudam tecnologias e soluções para essas questões, investindo-se na realização de ensaios para verificação da atuação dos chuveiros para alturas de estocagem e pés-direitos superiores e, caso aprovados, são incorporados por exemplo pelas normas da NFPA e *data-sheets* da FM Global. Em âmbito nacional, podemos citar, por exemplo, o Corpo de Bombeiros do Estado de São Paulo, que, conforme Parecer Técnico N° CCB-001/800/19, passou a aceitar o bico ESFR com fator K 28, modelo VK514, para alturas de pé-direito de 16,50 m e altura de estocagem de 15,00 m, que deverão atender às demais condições descritas nesse parecer. Essa permissão se dá devido ao mesmo ter sido aprovado por laboratórios competentes na realização dos ensaios.

Referente a reserva técnica de incêndio, observou-se que só ocorreu o aumento para 90 minutos nas situações onde foram utilizados chuveiros do tipo

CMDA, enquanto nas situações onde foram utilizados bicos de 60 minutos, a reserva técnica permaneceu fixa em 60 minutos, independente do pé-direito, altura de armazenamento e material estocado.

6 CONCLUSÃO

Foi possível observar que o sistema de chuveiros automáticos é muito sensível às suas variáveis, principalmente quando se fala sobre como o material é estocado, o tipo de material, altura de estocagem e pé-direito. Sendo assim, se conclui que o projeto de chuveiros automáticos deve nascer juntamente com a definição do pavilhão, devendo ser pensado desde o primeiro momento caso se opte ou haja a necessidade de ser instalado, principalmente quando falamos sobre pavilhões logísticos, para que assim seja possível apresentar uma solução que case melhor com a edificação.

Por exemplo, a verticalização desses pavilhões logísticos é interessante financeiramente, pois, nesse tipo de edificação, o que o contratante procura é ter um maior volume de estocagem possível, então acaba sendo importante levar em consideração a pequena variação de custos de um pé-direito de 12,20 m para um pavilhão de 10,70 m. Outro ponto importante acaba sendo a limitação de altura de pé-direito, de modo que o contratante saiba que, a partir de determinada altura, será necessário medidas alternativas, como a instalação dos chuveiros intermediários. Se observou também que houve uma leve queda na inclinação da curva de custos e de reserva técnica após a adoção dos chuveiros ESFR.

Por fim, é importante salientar o quanto é importante esse tipo de análise no momento do projeto de um pavilhão e entender a diferença de rigor para essas diferentes situações, pois o pavilhão 07 apresentou um investimento 122% superior em relação ao pavilhão 01, sem considerar instalações elétricas e mão-de-obra. Esse investimento superior se deu devido a necessidade de chuveiros de maior vazão, e, conseqüentemente, uma motobomba mais potente e tubulações maiores para diminuição da perda de carga, além de uma maior reserva técnica. Essas exigências se dão por conta de ensaios realizados, portanto, o sistema dimensionado no pavilhão 01 não será efetivo no pavilhão 07, ou seja, instalar um sistema de chuveiros automáticos de maneira subdimensionada não se trata de economia, e sim um péssimo investimento, já que se investirá em um sistema que não conseguirá controlar o incêndio naquela edificação de maneira eficaz.

7 SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

Sugere-se para trabalhos futuros um estudo de caso com os mesmos objetivos propostos nesse trabalho, porém, levando em consideração a utilização de diferentes tipos de chuveiros automáticos (CMDA, ESFR e CCAE), já que para a situação adotada no presente trabalho se deu preferência para a adoção de chuveiros automáticos do tipo ESFR, visto ele ser mais focado na utilização apenas no teto.

Outra sugestão é um estudo de caso sobre o tempo de atuação do sistema de chuveiros automáticos para controlar incêndios em pavilhões logísticos, levando em consideração diferentes chuveiros automáticos, pé-direitos, materiais estocados e respectivas alturas de armazenamento, já que se observou que, quando utilizados chuveiros ESFR, a reserva técnica foi fixa em 60 minutos.

Por último, sugere-se uma análise do custo de implementação do sistema de chuveiros automáticos em comparação com o custo total da obra, levando em diferentes pé-direito, já que em muitas vezes se existe uma resistência dos investidores de implementação desse sistema.

REFERÊNCIAS

AHRENS, Marty. **U.S. Experience with Sprinklers**. Quincy, MA, 2017.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR 10897**: Sistemas de proteção contra incêndio por chuveiros automáticos – Requisitos. Rio de Janeiro. ABNT, 2020.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR 16400**: Chuveiros automáticos para controle e supressão de incêndios – Especificações e métodos de ensaio. Rio de Janeiro. ABNT, 2018.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR 16981**: Proteção contra incêndio em áreas de armazenamento em geral, por meio de sistemas de chuveiros automáticos - Requisitos. Rio de Janeiro. ABNT, 2021.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR 9077**: Saídas de emergência em edifícios. Rio de Janeiro. ABNT, 2001.

AZEVEDO NETTO, José Martiano, Miguel Fernández y Fernández. **Manual de Hidráulica**. São Paulo: Blucher, 2015.

BRASIL. **Lei nº 13.425, de 30 março de 2017**. Estabelece diretrizes gerais sobre medidas de prevenção e combate a incêndio e a desastres em estabelecimentos, edificações e áreas de reunião de público; altera as Leis nº 8.078, de 11 de setembro 1990, e 10.406, de 10 de janeiro de 2002 – Código Civil; e dá outras providências. Brasília, DF: Presidência da República, 2017.

BRENTANO., Telmo. **Instalações hidráulicas de combate a incêndios nas edificações**. 5. Ed. Porto Alegre: Edição do Autor, 2016. 708 p.

CAIXA Palete: tudo que você precisa saber *In*: ABN Paletes. São Paulo, 2022. Disponível em: <https://www.abnpaletes.com.br/caixa-palete-tudo-que-voce-precisa-saber/>. Acesso em: 26 mai. 2022.

CERTIFICAÇÃO de Sprinklers *In*: SKOP. [S.l.], 24 julho 2017. Disponível em: <http://www.skop.com.br/2017/07/24/certificacao-de-sprinklers/>. Acesso em: 03 out. 2021.

CONSTRUÇÃO de torre de água *In*: Gerform Construtora LTDA. Carapicuíba, [2022?]. Disponível em: <https://www.gerform.com.br/construcao-torre-agua>. Acesso em: 04 out. 2021.

CORPO DE BOMBEIROS MILITAR DO RIO GRANDE DO SUL. Departamento de Segurança, Prevenção e Proteção Contra Incêndios. Resolução Técnica CBMRS nº 03 – Carga Incêndio. Rio Grande do Sul, 2016.

CORPO DE BOMBEIROS MILITAR DO RIO GRANDE DO SUL. Departamento de Segurança, Prevenção e Proteção Contra Incêndios. Resolução Técnica CBMRS nº 05 – Parte 7.2 - Processo de Segurança Contra Incêndio: Edificações e áreas de

risco de incêndio existentes e edificações e áreas de risco de incêndio licenciadas pela Lei Complementar nº 14.376/2013. Rio Grande do Sul, 2021.

CORPO DE BOMBEIROS MILITAR DO RIO GRANDE DO SUL. Departamento de Segurança, Prevenção e Proteção Contra Incêndios. Resolução Técnica CBMRS nº 02 – Terminologia aplicada a segurança contra Incêndio. Rio Grande do Sul, 2014.

CORPO DE BOMBEIROS MILITAR DO RIO GRANDE DO SUL. Departamento de Segurança, Prevenção e Proteção Contra Incêndios. Resolução Técnica de Transição CBMRS. Rio Grande do Sul, 2020.

ESTANTE Caixa Box organizadora para gavetas bin nº9 (8 gavetas) *In*: Max Shop. [S.l., 2022]. Disponível em: <https://www.maxshop.com.br/armazenagem/caixas-plasticas-organizadoras/estante-caixa-box-organizadora-para-gavetas-bin-no-9-8-a-10-gavetas>. Acesso em: 15 out. 2021.

ESTATÍSTICAS *In*: Instituto Sprinkler Brasil. [S.l., 2021]. Disponível em: <https://sprinklerbrasil.org.br/instituto-sprinkler-brasil/estatisticas/>. Acesso em: 29 set. 2021.

FERNANDES, Carlos. HISTÓRIA dos chuveiros automáticos (sprinklers) *In*: SKOP. Rio de Janeiro, 20 julho 2018. Disponível em: <http://www.skop.com.br/2018/07/20/historia-dos-chuveiros-automaticos/>. Acesso em: 07 set. 2021.

MATHER and Platt Fire Pump System Sprinkler Head. *In*: Science Museum Group Collection. [S.l., 2022?]. Disponível em: <https://collection.sciencemuseumgroup.org.uk/objects/co8414525/mather-and-platt-fire-pump-system-sprinkler-head-sprinkler-head>. Acesso em: 11 set. 2021.

O QUE É ESTRUTURA porta-paletes e como ele funciona no armazenamento? *In*: Blog Logística. [S.l., 2019]. Disponível em: <https://www.bloglogistica.com.br/infraestrutura/o-que-e-estrutura-porta-paletes-e-como-ela-funciona-no-armazenamento/>. Acesso em: 15 out. 2021.

POR QUE SPRINKLER? *In*: Instituto Sprinkler Brasil, [S.l., 2022?). Disponível em: <https://sprinklerbrasil.org.br/sprinkler/>. Acesso em: 03 out. 2021.

PORTO ALEGRE. **Lei Complementar nº 420, de 25 de agosto de 1998**. Institui o Código de Proteção Contra Incêndio de Porto Alegre e dá outras providências. Porto Alegre, RS: Câmara Municipal. Rio Grande do Sul, 1998.

PRATELEIRAS Rack em Aço Reforçada para Cereais e Bebidas. *In*: Máxima Móveis. [S.l., c2022]. Disponível em: <https://www.maximamoveis.com.br/produtos/rack-para-cereais/>. Acesso em: 15 out. 2021.

RIO GRANDE DO SUL. **Decreto nº 51.803, de 10 de setembro de 2014, alterado até o Decreto nº 55.332, de 25 de junho de 2020**. Regulamenta a Lei Complementar n.º 14.376, de 26 de dezembro de 2013, e alterações, que estabelece normas sobre segurança, prevenção e proteção contra incêndio nas

edificações e áreas de risco de incêndio no Estado do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, RS: Palácio Piratini, 2014.

RIO GRANDE DO SUL. **Decreto nº 37.380, de 29 de abril de 1997.** Aprova as normas técnicas de prevenção de incêndios e determina outras providências. Porto Alegre, RS: Palácio Piratini, 1997.

RIO GRANDE DO SUL. **Decreto nº 38.273, de 09 de março de 1998.** Altera as Normas Técnicas de Prevenção de Incêndios, aprovadas pelo Decreto Nnº 37.380, de 29 de abril de 1997. Porto Alegre, RS: Palácio Piratini, 1998.

RIO GRANDE DO SUL. **Lei Complementar nº 14.376, de 26 de dezembro de 2013, atualizada até a Lei Complementar n.º 14.924, de 22 de setembro de 2016.** Estabelece normas sobre Segurança, Prevenção e Proteção contra Incêndios nas edificações e áreas de risco de incêndio no Estado do Rio Grande do Sul e dá outras providências. Porto Alegre, RS: Palácio Piratini, 2014.

RIO GRANDE DO SUL. **Lei nº 10.987, de 11 de agosto de 1997.** Estabelece normas sobre sistemas de prevenção e, proteção contra incêndios, dispõe sobre a destinação da taxa de serviços especiais não emergenciais do Corpo de Bombeiros e dá outras providências. Porto Alegre, RS: Palácio Piratini, 1997.

RIO GRANDE DO SUL. **Portaria nº 064/EMBM/99, de 18 de novembro de 1999.** Regula a aplicação, pelos órgãos de Bombeiros da Brigada Militar, da Lei Estadual nº 10.987 de 11 de agosto de 1997, das normas técnicas de prevenção contra incêndios estabelecidas pela respectiva regulamentação e dá outras providências. Porto Alegre, RS: Palácio Piratini: Rio Grande do Sul, 1999.

SÃO PAULO, **Instrução Técnica nº 09, de 09 de abril de 2019.** Compartimentação horizontal e compartimentação vertical. São Paulo: Polícia Militar do Estado de São Paulo – Corpo de Bombeiros, POLÍCIA MILITAR DO ESTADO DE SÃO PAULO. Corpo de Bombeiros. Instrução Técnica nº 09 – Compartimentação horizontal e compartimentação vertical. São Paulo, 2019.

SÃO PAULO, **Parecer Técnico nº CCB – 001/800/2019.** POLÍCIA MILITAR DO ESTADO DE SÃO PAULO. Corpo de Bombeiros. Parecer Técnico N° CCB – 001/800/2019 – Utilização de chuveiro automático com fator K 28 para depósitos com armazenamento de até 15,00 m de altura. São Paulo: Polícia Militar do Estado de São Paulo – Corpo de Bombeiros, 2019.

SÃO PAULO, **Instrução Técnica nº 24, de 09 de abril de 2019.** POLÍCIA MILITAR DO ESTADO DE SÃO PAULO. Corpo de Bombeiros. Instrução Técnica nº 24 – Sistema de chuveiros automáticos para áreas de depósito. São Paulo: Polícia Militar do Estado de São Paulo – Corpo de Bombeiros, 2019.

SECCO, Cel. Orlando. **Manual de prevenção e combate de incêndio.** 3. Eed. Volume II. São Paulo: Editora Bernardino Ramazzini, 1982. v. I.537 p.

SEITO, Alexandre I. *et al.* **A segurança contra incêndio no Brasil.** São Paulo: Projeto Editora, 2008. 496 p.

SPRINKLERS. *In*: SKOP. [S.l., 2022]. Disponível em: <http://www.skop.com.br/categoria-produto/sprinklers/>. Acesso em: 02 mai. 2022.

SPRINKLERS: O guia Essencial. *In*: SKOP. [S.l., 2022]. Disponível em: https://d335luupugsy2.cloudfront.net/cms/files/13525/1513213136E-book_-_Sprinklers_-_O_guia_essencial_-_Skop.pdf. Acesso em: 09 out. 2021.

TIPOS de paletes. *In*: SENAC RS. [S.l., 2022?]. Disponível em: https://www.senacrs.com.br/cursos_rede/a_gestao_de_armazenagem_com_foco_nos_processos_logisticos/html/05_tipos_paletes/index.html?page=1. Acesso em 25 nov. 2021.

VÁLVULA de governo e alarme: noções gerais. Rio de Janeiro, 16 outubro 2018. *In*: SKOP. Disponível em: <http://www.skop.com.br/2018/10/16/valvula-de-governo-e-alarme-noco-es-gerais/>. Acesso em: 07 set. 2021.

VIANA, Braulio das Mercês Gonçalves. **Apresentação e análise da nova norma ABNT NBR 16400:2015**. São Paulo: Instituto Sprinkler Brasil, 2018. Disponível em: <https://sprinklerbrasil.org.br/biblioteca-item/apresentacao-e-analise-da-nova-norma-abnt/>. Acesso em: 09 out. 2021.

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. Disponível em: <https://sprinklerbrasil.org.br/biblioteca-item/sprinklers-conceitos-basicos-dicas-excelentes-para-profissionais/>. Acesso em: 07 set. 2021.

APÊNDICE A – ORÇAMENTO DISCRIMINADO DO PAVILHÃO 01

| PAVILHÃO 01 (PD = 4,60 m) | | | |
|--|-------------------|-----------------------|----------------|
| MATERIAL | Quantidade | Preço Unitário | Total |
| Bomba Principal (91,83 m.c.a.; 131,91 m ³ /h) | 1 unid. | R\$ 53.490,00 | R\$ 53.490,00 |
| Bomba Jockey (101,83 m.c.a.; 1,2 m ³ /h) | 1 unid. | R\$ 5.759,90 | R\$ 5.759,90 |
| Reserva Técnica 200 m ³ | 1 unid. | R\$ 208.000,00 | R\$ 208.000,00 |
| VGA 4" | 2 unid. | R\$ 4.520,25 | R\$ 9.040,50 |
| Válvula Retenção 4" | 2 unid. | R\$ 616,41 | R\$ 1.232,82 |
| Registros de Gaveta 4" | 5 unid. | R\$ 1.398,48 | R\$ 6.992,40 |
| Tubulação Geral (Aço Carbono SCH 10 4") | 238,80 m | R\$ 105,15 | R\$ 25.109,82 |
| Tubulação Subgeral (Aço Carbono SCH 10 2") | 609,20 m | R\$ 43,59 | R\$ 26.555,03 |
| Ramais (Aço Carbono SCH 10 1.1/4") | 1824,00 m | R\$ 33,19 | R\$ 60.538,56 |
| Chuveiros modelo JCR H 20 79 | 608 unid. | R\$ 35,00 | R\$ 21.280,00 |
| Tê Mecânico Rosca 2" x 1.1/4" | 152 unid. | R\$ 21,85 | R\$ 3.321,20 |
| Tê Mecânico Sprinkler 1.1/4" x 3/4" | 608 unid. | R\$ 14,85 | R\$ 9.028,80 |
| Acoplamento 4" | 40 unid. | R\$ 78,01 | R\$ 3.104,80 |
| Acoplamento 2" | 102 unid. | R\$ 54,38 | R\$ 5.521,38 |
| Acoplamento 1.1/4" | 304 unid. | R\$ 43,50 | R\$ 13.224,00 |
| Curva 90° 4" | 20 unid. | R\$ 55,41 | R\$ 1.108,20 |
| Tê 4" | 10 unid. | R\$ 79,67 | R\$ 796,70 |
| Suportes (Tirante 9,5 mm) | 608 unid. | R\$ 12,00 | R\$ 7.296,00 |
| Cantoneira 1/2"x3/16" | 238,80 m | R\$ 90,00 | R\$ 21.492,00 |

TOTAL: R\$ 482.892,11

APÊNDICE B – ORÇAMENTO DISCRIMINADO DO PAVILHÃO 02

| PAVILHÃO 02 (PD = 6,10 m) | | | |
|--|-------------------|-----------------------|----------------|
| MATERIAL | Quantidade | Preço Unitário | Total |
| Bomba Principal (70,98 m.c.a.; 225,37 m ³ /h) | 1 unid. | R\$ 62.590,00 | R\$ 62.590,00 |
| Bomba Jockey (80,98 m.c.a.; 1,2 m ³ /h) | 1 unid. | R\$ 5.759,90 | R\$ 5.759,90 |
| Reserva Técnica 350 m ³ | 1 unid. | R\$ 320.000,00 | R\$ 320.000,00 |
| VGA 6" | 2 unid. | R\$ 5.367,80 | R\$ 10.735,60 |
| Válvula Retenção 6" | 2 unid. | R\$ 1.299,82 | R\$ 2.599,64 |
| Registros de Gaveta 6" | 5 unid. | R\$ 2.312,87 | R\$ 11.564,35 |
| Tubulação Geral (Aço Carbono SCH 10 6") | 243,30 m | R\$ 162,42 | R\$ 39.516,79 |
| Tubulação Subgeral (Aço Carbono SCH 10 2.1/2") | 612,20 m | R\$ 61,87 | R\$ 37.876,81 |
| Ramais (Aço Carbono SCH 10 1.1/4") | 1824,00 m | R\$ 33,19 | R\$ 60.538,56 |
| Chuveiros modelo JCR H 20 141 | 608 unid. | R\$ 37,50 | R\$ 22.800,00 |
| Tê Mecânico Rosca 2.1/2" x 1.1/4" | 152 unid. | R\$ 30,10 | R\$ 4.575,20 |
| Tê Mecânico Sprinkler 1.1/4" x 3/4" | 608 unid. | R\$ 14,85 | R\$ 9.028,80 |
| Acoplamento 6" | 41 unid. | R\$ 141,40 | R\$ 5.733,77 |
| Acoplamento 2.1/2" | 102 unid. | R\$ 45,72 | R\$ 4.664,96 |
| Acoplamento 1.1/4" | 304 unid. | R\$ 43,50 | R\$ 13.224,00 |
| Curva 90° 6" | 20 unid. | R\$ 117,04 | R\$ 2.340,80 |
| Tê 6" | 10 unid. | R\$ 176,21 | R\$ 1.762,10 |
| Suportes (Tirante 9,5 mm) | 608 unid. | R\$ 12,00 | R\$ 7.296,00 |
| Cantoneira 1/2"x3/16" | 243,30 m | R\$ 90,00 | R\$ 21.897,00 |

TOTAL: R\$ 644.504,28

APÊNDICE C – ORÇAMENTO DISCRIMINADO DO PAVILHÃO 03

| PAVILHÃO 03 (PD = 7,60 m) | | | |
|--|-------------------|-----------------------|----------------|
| MATERIAL | Quantidade | Preço Unitário | Total |
| Bomba Principal (77,18 m.c.a.; 304,03 m ³ /h) | 1 unid. | R\$ 86.190,00 | R\$ 86.190,00 |
| Bomba Jockey (87,18 m.c.a.; 1,2 m ³ /h) | 1 unid. | R\$ 5.759,90 | R\$ 5.759,90 |
| Reserva Técnica 500 m ³ | 1 unid. | R\$ 389.000,00 | R\$ 389.000,00 |
| VGA 6" | 2 unid. | R\$ 5.367,80 | R\$ 10.735,60 |
| Válvula Retenção 6" | 2 unid. | R\$ 1.299,82 | R\$ 2.599,64 |
| Registros de Gaveta 6" | 5 unid. | R\$ 2.312,87 | R\$ 11.564,35 |
| Tubulação Geral (Aço Carbono SCH 10 6") | 247,80 m | R\$ 162,42 | R\$ 40.247,68 |
| Tubulação Subgeral (Aço Carbono SCH 10 3") | 615,20 m | R\$ 72,68 | R\$ 44.712,74 |
| Ramais (Aço Carbono SCH 10 1.1/4") | 2400,00 m | R\$ 33,19 | R\$ 79.656,00 |
| Chuveiros modelo B-11 F 20 141 | 800 unid. | R\$ 52,50 | R\$ 42.000,00 |
| Tê Mecânico Rosca 3" x 1.1/4" | 200 unid. | R\$ 31,77 | R\$ 6.354,00 |
| Tê Mecânico Sprinkler 1. 1/4" x 3/4" | 800 unid. | R\$ 14,85 | R\$ 11.880,00 |
| Acoplamento 6" | 41 unid. | R\$ 141,40 | R\$ 5.839,82 |
| Acoplamento 3" | 103 unid. | R\$ 70,21 | R\$ 7.198,87 |
| Acoplamento 1.1/4" | 400 unid. | R\$ 43,50 | R\$ 17.400,00 |
| Curva 90° 6" | 20 unid. | R\$ 117,04 | R\$ 2.340,80 |
| Tê 6" | 10 unid. | R\$ 176,21 | R\$ 1.762,10 |
| Suportes (Tirante 9,5 mm) | 800 unid. | R\$ 12,00 | R\$ 9.600,00 |
| Cantoneira 1/2"x3/16" | 247,80 m | R\$ 90,00 | R\$ 22.302,00 |

TOTAL: R\$ 797.143,49

APÊNDICE D – ORÇAMENTO DISCRIMINADO DO PAVILHÃO 04

| PAVILHÃO 04 (PD = 9,10 m) | | | |
|--|-------------------|-----------------------|----------------|
| MATERIAL | Quantidade | Preço Unitário | Total |
| Bomba Principal (67,27 m.c.a.; 320,19 m ³ /h) | 1 unid. | R\$ 86.190,00 | R\$ 86.190,00 |
| Bomba Jockey (77,27 m.c.a.; 1,2 m ³ /h) | 1 unid. | R\$ 5.759,90 | R\$ 5.759,90 |
| Reserva Técnica 350 m ³ | 1 unid. | R\$ 320.000,00 | R\$ 320.000,00 |
| VGA 6" | 2 unid. | R\$ 5.367,80 | R\$ 10.735,60 |
| Válvula Retenção 6" | 2 unid. | R\$ 1.299,82 | R\$ 2.599,64 |
| Registros de Gaveta 6" | 5 unid. | R\$ 2.312,87 | R\$ 11.564,35 |
| Tubulação Geral (Aço Carbono SCH 10 6") | 252,30 m | R\$ 162,42 | R\$ 40.978,57 |
| Tubulação Subgeral (Aço Carbono SCH 10 6") | 618,20 m | R\$ 105,15 | R\$ 65.003,73 |
| Ramais (Aço Carbono SCH 10 2") | 2400,00 m | R\$ 43,59 | R\$ 104.616,00 |
| Chuveiros modelo N25 ESFR | 800 unid. | R\$ 159,58 | R\$ 127.664,00 |
| Tê Mecânico Rosca 4" x 2" | 200 unid. | R\$ 43,58 | R\$ 8.716,00 |
| Tê Mecânico Sprinkler 2" x 1" | 800 unid. | R\$ 16,67 | R\$ 13.336,00 |
| Acoplamento 6" | 42 unid. | R\$ 141,10 | R\$ 5.933,26 |
| Acoplamento 4" | 103 unid. | R\$ 78,01 | R\$ 8.037,63 |
| Acoplamento 2" | 400 unid. | R\$ 54,38 | R\$ 21.752,00 |
| Curva 90° 6" | 20 unid. | R\$ 117,04 | R\$ 2.340,80 |
| Tê 6" | 10 unid. | R\$ 176,21 | R\$ 1.762,10 |
| Suportes (Tirante 9,5 mm) | 800 unid. | R\$ 12,00 | R\$ 9.600,00 |
| Cantoneira 1/2"x3/16" | 252,30 m | R\$ 90,00 | R\$ 22.707,00 |

TOTAL: R\$ 869.296,57

APÊNDICE E – ORÇAMENTO DISCRIMINADO DO PAVILHÃO 05

| PAVILHÃO 05 (PD = 10,70 m) | | | |
|--|-------------------|-----------------------|----------------|
| MATERIAL | Quantidade | Preço Unitário | Total |
| Bomba Principal (89,09 m.c.a.; 368,31 m ³ /h) | 1 unid. | R\$ 115.190,00 | R\$ 115.190,00 |
| Bomba Jockey (99,09 m.c.a.; 1,2 m ³ /h) | 1 unid. | R\$ 5.759,90 | R\$ 5.759,90 |
| Reserva Técnica 400 m ³ | 1 unid. | R\$ 336.000,00 | R\$ 336.000,00 |
| VGA 6" | 2 unid. | R\$ 5.367,80 | R\$ 10.735,60 |
| Válvula Retenção 6" | 2 unid. | R\$ 1.299,82 | R\$ 2.599,64 |
| Registros de Gaveta 6" | 5 unid. | R\$ 2.312,87 | R\$ 11.564,35 |
| Tubulação Geral (Aço Carbono SCH 10 6") | 257,10 m | R\$ 162,42 | R\$ 41.758,18 |
| Tubulação Subgeral (Aço Carbono SCH 10 4") | 621,40 m | R\$ 105,15 | R\$ 65.340,21 |
| Ramais (Aço Carbono SCH 10 2") | 2400,00 m | R\$ 43,59 | R\$ 104.616,00 |
| Chuveiros modelo N25 ESFR | 800 unid. | R\$ 159,58 | R\$ 127.664,00 |
| Tê Mecânico Rosca 4" x 2" | 200 unid. | R\$ 43,58 | R\$ 8.716,00 |
| Tê Mecânico Sprinkler 2" x 1" | 800 unid. | R\$ 16,67 | R\$ 13.336,00 |
| Acoplamento 6" | 43 unid. | R\$ 141,10 | R\$ 6.046,14 |
| Acoplamento 4" | 104 unid. | R\$ 78,01 | R\$ 8.079,24 |
| Acoplamento 2" | 400 unid. | R\$ 54,38 | R\$ 21.752,00 |
| Curva 90° 6" | 20 unid. | R\$ 117,04 | R\$ 2.340,80 |
| Tê 6" | 10 unid. | R\$ 176,21 | R\$ 1.762,10 |
| Suportes (Tirante 9,5 mm) | 800 unid. | R\$ 12,00 | R\$ 9.600,00 |
| Cantoneira 1/2"x3/16" | 257,10 m | R\$ 90,00 | R\$ 23.139,00 |

TOTAL: R\$ 915.999,15

APÊNDICE F – ORÇAMENTO DISCRIMINADO DO PAVILHÃO 06

| PAVILHÃO 06 (PD = 12,20 m) | | | |
|--|-------------------|-----------------------|----------------|
| MATERIAL | Quantidade | Preço Unitário | Total |
| Bomba Principal (115 m.c.a.; 399,97 m ³ /h) | 1 unid. | R\$ 135.990,00 | R\$ 135.990,00 |
| Bomba Jockey (125 m.c.a.; 1,2 m ³ /h) | 1 unid. | R\$ 6.349,90 | R\$ 6.349,90 |
| Reserva Técnica 400 m ³ | 1 unid. | R\$ 336.000,00 | R\$ 336.000,00 |
| VGA 6" | 2 unid. | R\$ 5.367,80 | R\$ 10.735,60 |
| Válvula Retenção 6" | 2 unid. | R\$ 1.299,82 | R\$ 2.599,64 |
| Registros de Gaveta 6" | 5 unid. | R\$ 2.312,87 | R\$ 11.564,35 |
| Tubulação Geral (Aço Carbono SCH 10 6") | 261,60 m | R\$ 162,42 | R\$ 42.489,07 |
| Tubulação Subgeral (Aço Carbono SCH 10 4") | 624,40 m | R\$ 105,15 | R\$ 65.655,66 |
| Ramais (Aço Carbono SCH 10 2") | 2400,00 m | R\$ 43,59 | R\$ 104.616,00 |
| Chuveiros modelo N25 ESFR | 800 unid. | R\$ 159,58 | R\$ 127.664,00 |
| Tê Mecânico Rosca 4" x 2" | 200 unid. | R\$ 43,58 | R\$ 8.716,00 |
| Tê Mecânico Sprinkler 2" x 1" | 800 unid. | R\$ 16,67 | R\$ 13.336,00 |
| Acoplamento 6" | 44 unid. | R\$ 141,10 | R\$ 6.151,96 |
| Acoplamento 4" | 104 unid. | R\$ 78,01 | R\$ 8.118,24 |
| Acoplamento 2" | 400 unid. | R\$ 54,38 | R\$ 21.752,00 |
| Curva 90° 6" | 20 unid. | R\$ 117,04 | R\$ 2.340,80 |
| Tê 6" | 10 unid. | R\$ 176,21 | R\$ 1.762,10 |
| Suportes (Tirante 9,5 mm) | 800 unid. | R\$ 12,00 | R\$ 9.600,00 |
| Cantoneira 1/2"x3/16" | 261,60 m | R\$ 90,00 | R\$ 23.544,00 |

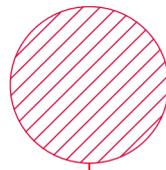
TOTAL: R\$ 938.985,32

APÊNDICE G – ORÇAMENTO DISCRIMINADO DO PAVILHÃO 07

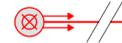
| PAVILHÃO 07 (PD = 13,70 m) | | | |
|--|-------------------|-----------------------|-------------------------|
| MATERIAL | Quantidade | Preço Unitário | Total |
| Bomba Principal (69,56 m.c.a.; 441,01 m ³ /h) | 1 unid. | R\$ 89.990,00 | R\$ 89.990,00 |
| Bomba Jockey (79,56 m.c.a.; 1,2 m ³ /h) | 1 unid. | R\$ 5.759,90 | R\$ 5.759,90 |
| Reserva Técnica 450 m ³ | 1 unid. | R\$ 375.000,00 | R\$ 375.000,00 |
| VGA 8" | 2 unid. | R\$ 6.356,60 | R\$ 12.713,20 |
| Válvula Retenção 8" | 2 unid. | R\$ 2.090,43 | R\$ 4.180,86 |
| Registros de Gaveta 8" | 5 unid. | R\$ 3.926,50 | R\$ 19.632,50 |
| Tubulação Geral (Aço Carbono SCH 20 8") | 266,10 m | R\$ 280,46 | R\$ 74.630,41 |
| Tubulação Subgeral (Aço Carbono SCH 10 6") | 627,40 m | R\$ 162,42 | R\$ 101.902,31 |
| Ramais (Aço Carbono SCH 10 2.1/2") | 2400,00 m | R\$ 61,87 | R\$ 148.488,00 |
| Chuveiros modelo HL22 ESFR | 800 unid. | R\$ 159,58 | R\$ 127.664,00 |
| Tê Mecânico Rosca 6" x 2.1/2" | 200 unid. | R\$ 72,43 | R\$ 14.486,00 |
| Tê Mecânico Sprinkler 2 1/2" x 1" | 800 unid. | R\$ 18,15 | R\$ 14.520,00 |
| Acoplamento 8" | 44 unid. | R\$ 204,79 | R\$ 9.082,44 |
| Acoplamento 6" | 105 unid. | R\$ 141,40 | R\$ 14.785,73 |
| Acoplamento 2.1/2" | 400 unid. | R\$ 45,72 | R\$ 18.288,00 |
| Curva 90° 8" | 20 unid. | R\$ 227,66 | R\$ 4.553,20 |
| Tê 8" | 10 unid. | R\$ 366,23 | R\$ 3.662,30 |
| Suportes (Tirante 9,5 mm) | 800 unid. | R\$ 12,00 | R\$ 9.600,00 |
| Cantoneira 1/2"x3/16" | 266,10 m | R\$ 90,00 | R\$ 23.949,00 |
| | | TOTAL: | R\$ 1.072.887,84 |

**CHUVEIROS AUTOMÁTICOS NO TETO
CMDA
PAVILHÃO 01
PÉ-DIREITO 4,60 m
ESTOCAGEM 3,00 m**

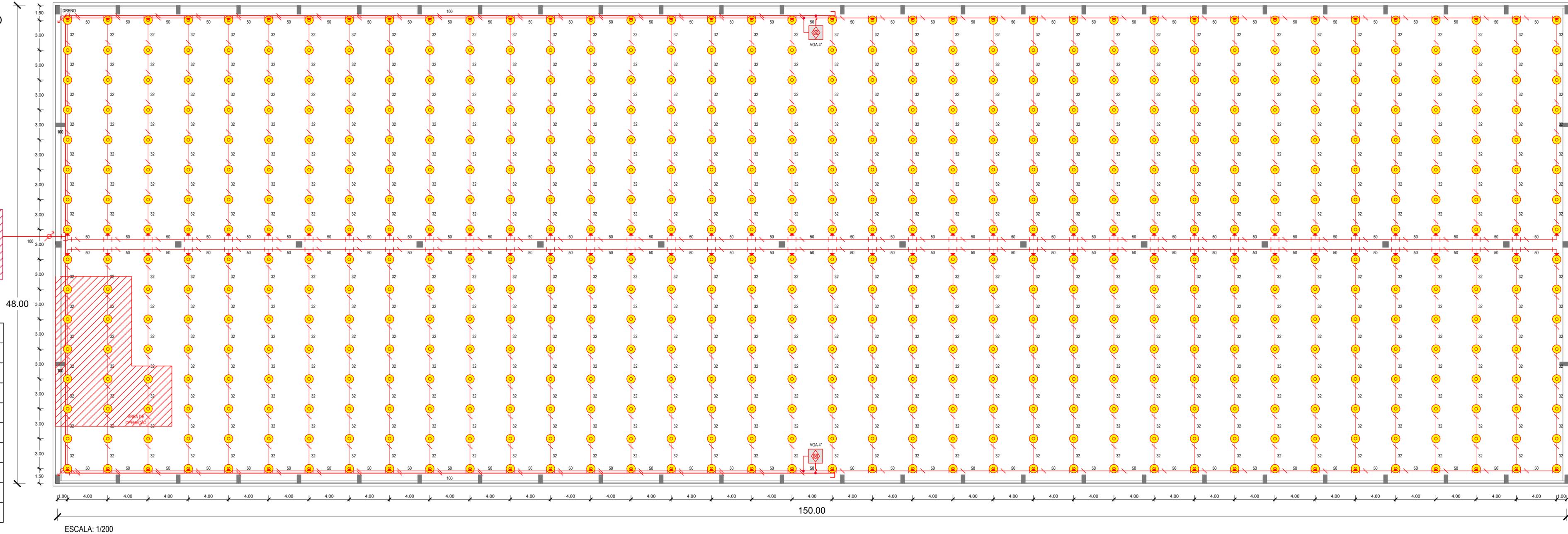
RESERVA TÉCNICA:
200 m³



CASA DE BOMBAS:
91,83 m.c.a.
131,91 m³/h



| SIMBOLOGIA / CONVENÇÕES | |
|-------------------------|-----------------------------------|
| | Bico sprinklers pendente |
| | Valvula de governo |
| | Tubulação Sobe |
| | Tubulação Desce |
| | Tubulação com redução de diâmetro |
| | Rede de sprinklers com suporte |
| | Tê |
| | Joelho de 90° |
| | Registro de Recalque Duplo |

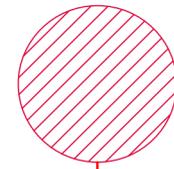


ESCALA: 1/200

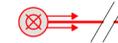
150.00

CHUVEIROS AUTOMÁTICOS NO TETO
 CMDA
 PAVILHÃO 02
 PÉ-DIREITO 6,10 m
 ESTOCAGEM 4,60 m

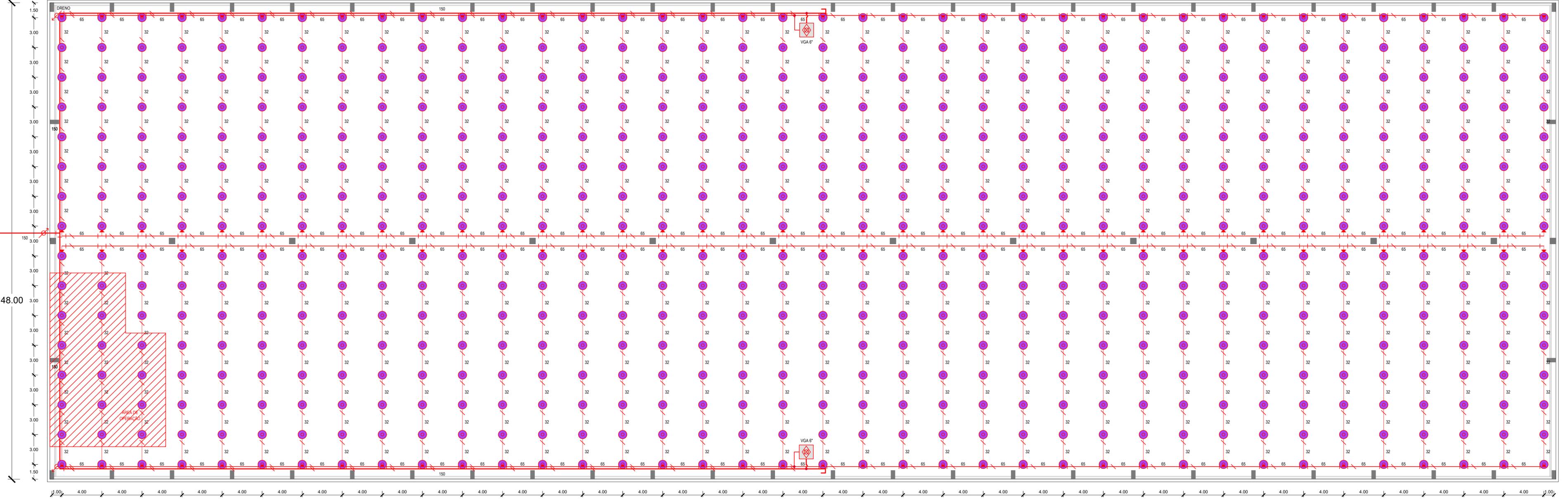
RESERVA TÉCNICA:
 340 m³



CASA DE BOMBAS:
 70,98 m.c.a.
 225,37 m³/h



| SIMBOLOGIA / CONVENÇÕES | |
|-------------------------|-----------------------------------|
| | Bico sprinklers pendente |
| | Valvula de governo |
| | Tubulação Sobe |
| | Tubulação Desce |
| | Tubulação com redução de diâmetro |
| | Rede de sprinklers com suporte |
| | Tê |
| | Joelho de 90° |
| | Registro de Recalque Duplo |

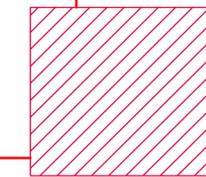
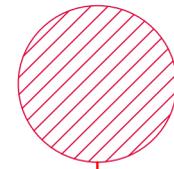


ESCALA: 1/200

150.00

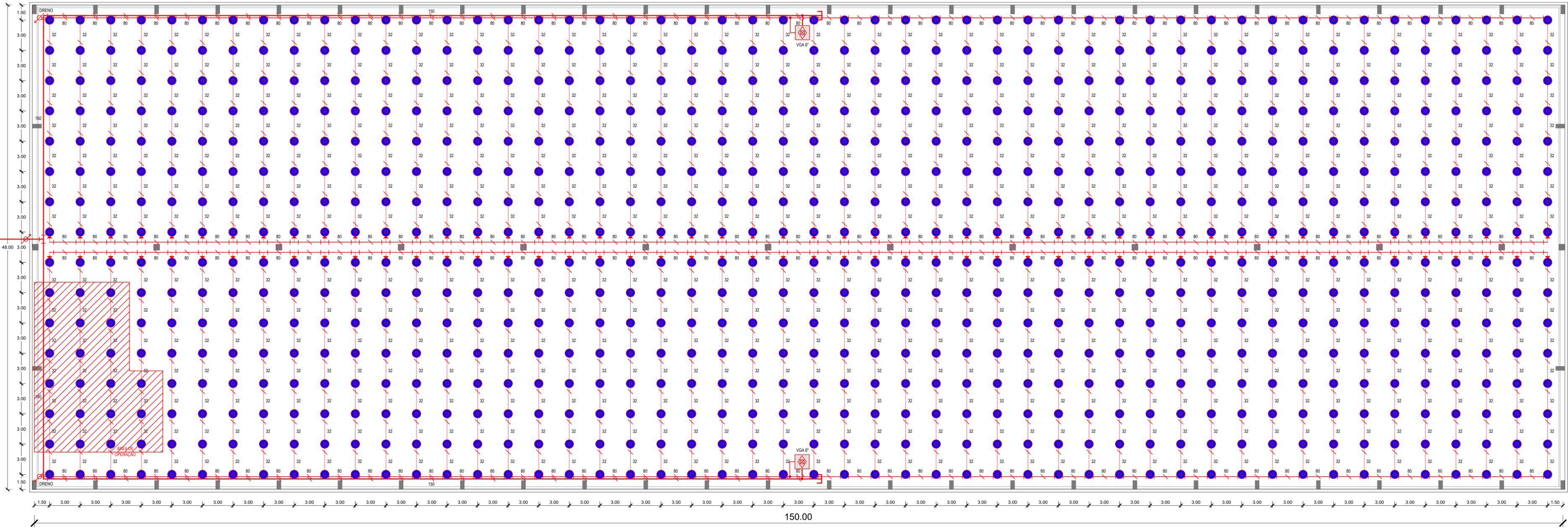
CHUVEIROS AUTOMÁTICOS NO TETO
CMDA
PAVILHÃO 03
PÉ-DIREITO 7,60 m
ESTOCAGEM 6,10 m

RESERVA TÉCNICA:
460 m³



CASA DE BOMBAS:
77,18 m.c.a.
304,03 m³/h

| SIMBOLOGIA / CONVENÇÕES | |
|-------------------------|-----------------------------------|
| | Bico sprinklers pendente |
| | Valvula de governo |
| | Tubulação Sobe |
| | Tubulação Desce |
| | Tubulação com redução de diâmetro |
| | Rede de sprinklers com suporte |
| | Tê |
| | Joelho de 90° |
| | Registro de Recalque Duplo |

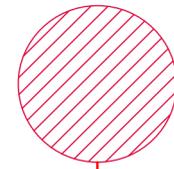


ESCALA: 1/200

150.00

CHUVEIROS AUTOMÁTICOS NO TETO
 ESFR
 PAVILHÃO 04
 PÉ-DIREITO 9,10 m
 ESTOCAGEM 7,60 m

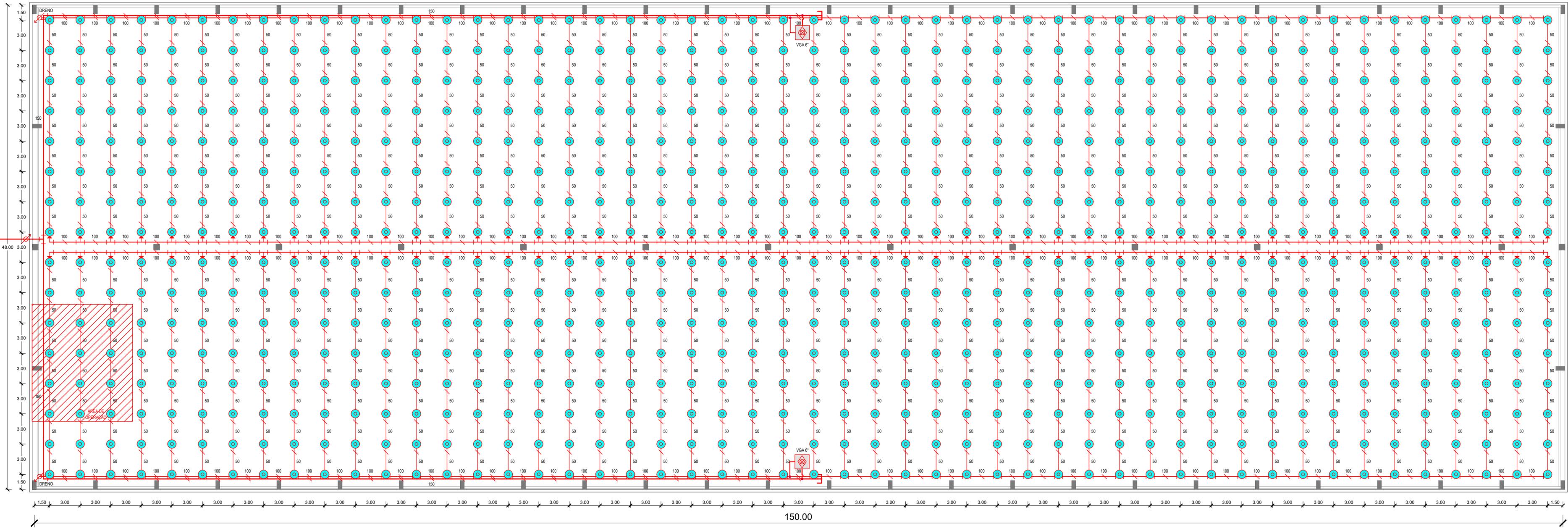
RESERVA TÉCNICA:
 325 m³



CASA DE BOMBAS:
 67,27 m.c.a.
 320,19 m³/h



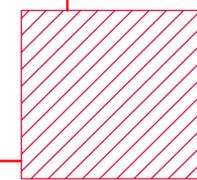
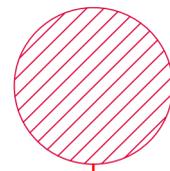
| SIMBOLOGIA / CONVENÇÕES | |
|-------------------------|-----------------------------------|
| | Bico sprinklers pendente |
| | Valvula de governo |
| | Tubulação Sobe |
| | Tubulação Desce |
| | Tubulação com redução de diâmetro |
| | Rede de sprinklers com suporte |
| | Tê |
| | Joelho de 90° |
| | Registro de Recalque Duplo |



CHUVEIROS AUTOMÁTICOS NO TETO

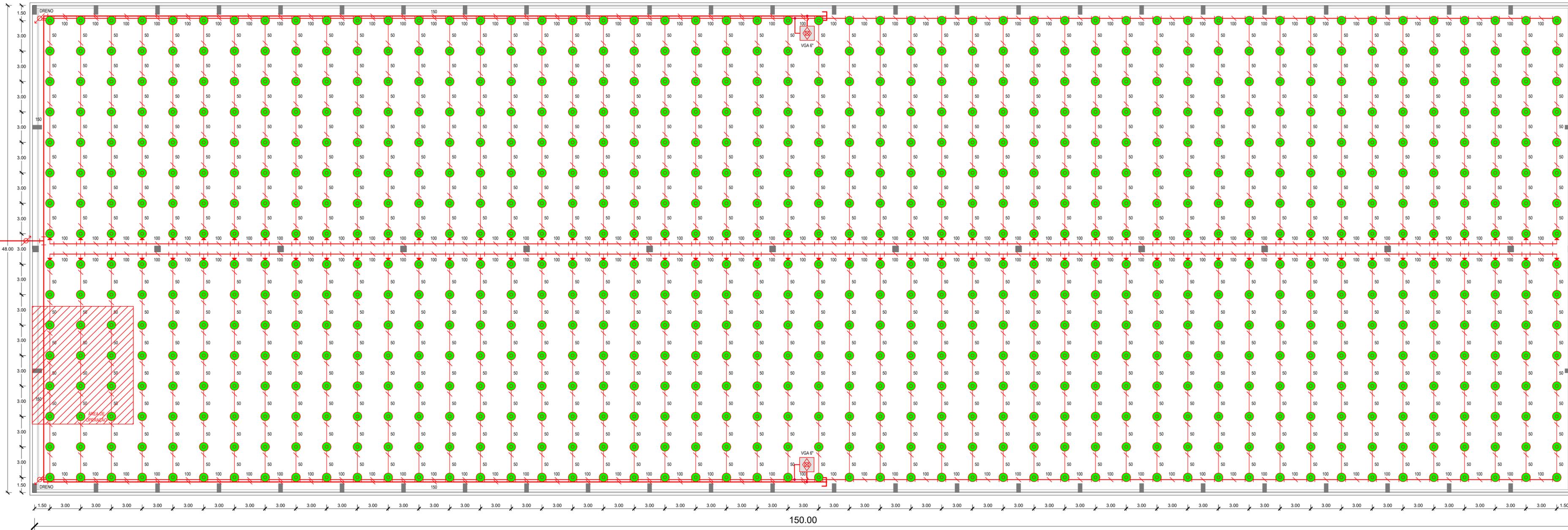
ESFR
PAVILHÃO 05
PÉ-DIREITO 10,70 m
ESTOCAGEM 9,10 m

RESERVA TÉCNICA:
370 m³



CASA DE BOMBAS:
89,09 m.c.a.
368,31 m³/h

| SIMBOLOGIA / CONVENÇÕES | |
|-------------------------|-----------------------------------|
| | Bico sprinklers pendente |
| | Valvula de governo |
| | Tubulação Sobe |
| | Tubulação Desce |
| | Tubulação com redução de diâmetro |
| | Rede de sprinklers com suporte |
| | Tê |
| | Joelho de 90° |
| | Registro de Recalque Duplo |

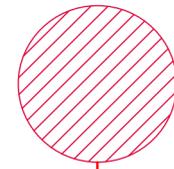


ESCALA: 1/200

150.00

CHUVEIROS AUTOMÁTICOS NO TETO
ESFR
PAVILHÃO 06
PÉ-DIREITO 12,20 m
ESTOCAGEM 10,70 m

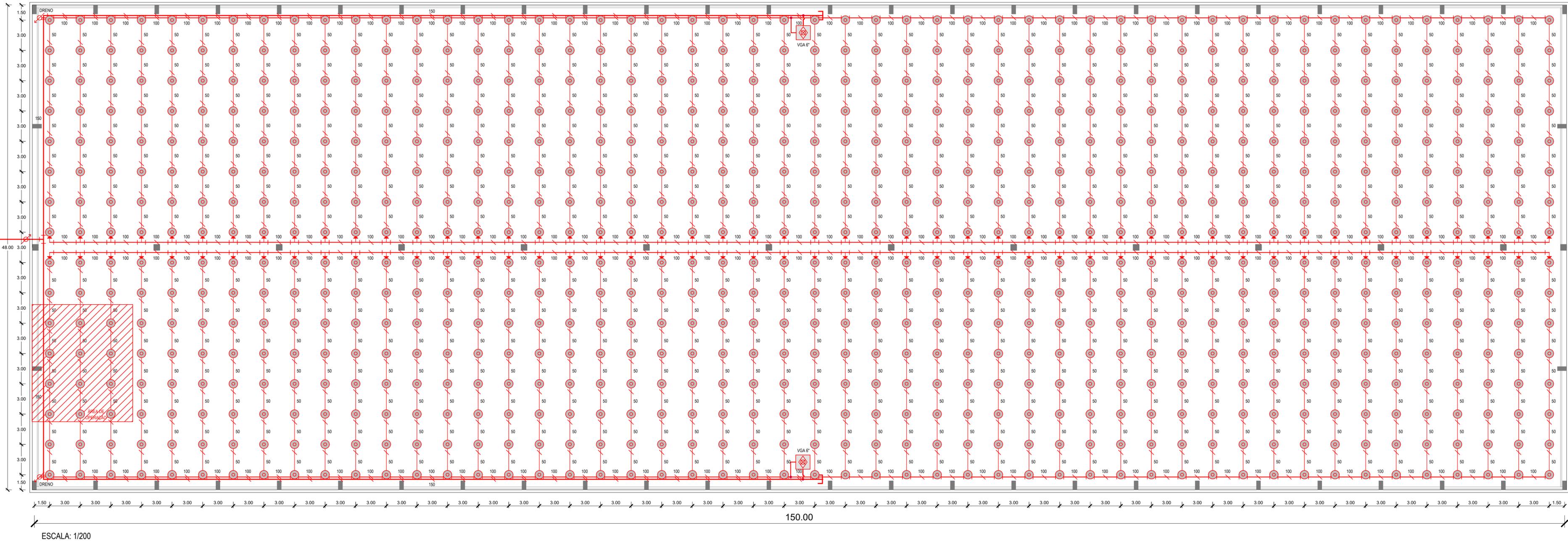
RESERVA TÉCNICA:
400 m³



CASA DE BOMBAS:
115,00 m.c.a.
399,97 m³/h



| SIMBOLOGIA / CONVENÇÕES | |
|-------------------------|-----------------------------------|
| | Bico sprinklers pendente |
| | Valvula de governo |
| | Tubulação Sobe |
| | Tubulação Desce |
| | Tubulação com redução de diâmetro |
| | Rede de sprinklers com suporte |
| | Tê |
| | Joelho de 90° |
| | Registro de Recalque Duplo |

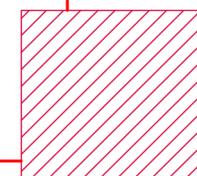
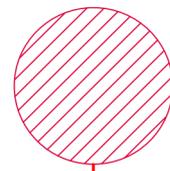


150.00

ESCALA: 1/200

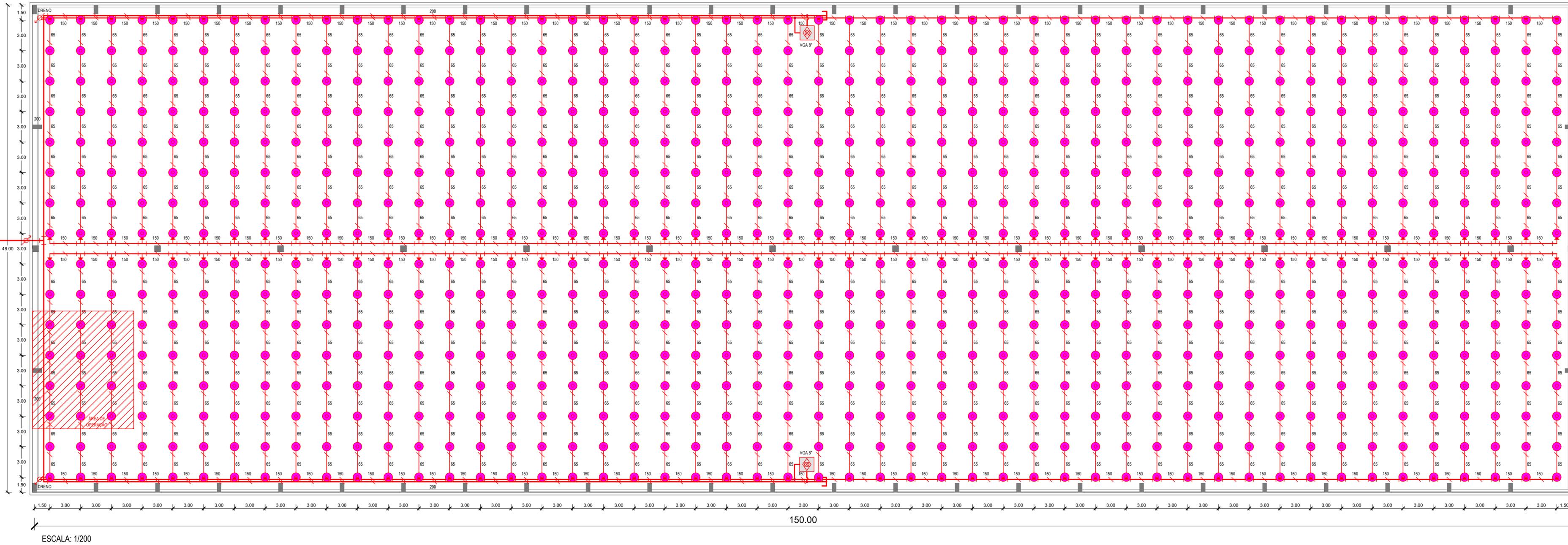
CHUVEIROS AUTOMÁTICOS NO TETO
 ESFR
 PAVILHÃO 07
 PÉ-DIREITO 13,70 m
 ESTOCAGEM 12,20 m

RESERVA TÉCNICA:
 445 m³



CASA DE BOMBAS:
 69,56m.c.a.
 441,01 m³/h

| SIMBOLOGIA / CONVENÇÕES | |
|-------------------------|-----------------------------------|
| | Bico sprinklers pendente |
| | Valvula de governo |
| | Tubulação Sobe |
| | Tubulação Desce |
| | Tubulação com redução de diâmetro |
| | Rede de sprinklers com suporte |
| | Tê |
| | Joelho de 90° |
| | Registro de Recalque Duplo |



ESCALA: 1/200

150.00