



5º PRÊMIO INSTITUTO SPRINKLER BRASIL
MENÇÃO HONROSA

Proteção por sprinklers em depósitos de grande altura

Daniel Henrique Miranda
Rafael Fernandes de Souza

Proteção por sprinklers em
depósitos de grande altura

5º PRÊMIO INSTITUTO SPRINKLER BRASIL
MENÇÃO HONROSA

Proteção por sprinklers em depósitos de grande altura

Daniel Henrique Miranda
Rafael Fernandes de Souza



Copyright © 2018 by Instituto Sprinkler Brasil

Diagramação e Capa
Rosalis Designer

Revisor Ortográfico
Carolina Machado (Revisão pra quê?)

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
(eDOC BRASIL, Belo Horizonte/MG)

M672p Miranda, Daniel Henrique.
Proteção por sprinklers em depósitos de grande altura [recurso eletrônico] / Daniel Henrique Miranda, Rafael Fernandes de Souza. – São Paulo (SP): Instituto Sprinkler Brasil, 2018.
110 p. : il. ; 14 x 21 cm

Formato: ePUB

Requisitos de sistema: Adobe Digital Editions

Modo de acesso: World Wide Web

Inclui bibliografia

ISBN 978-85-69034-15-5

1. Incêndio – Extinção – Equipamentos e acessórios.
2. Prevenção de incêndios. I. Souza, Rafael Fernandes de. II. Título.
CDD 628.92

Elaborado por Mauricio Amormino Júnior – CRB6/2422

RESUMO

O elemento central deste estudo de caso foi comparar dois cenários distintos de proteção contra incêndios em depósitos com empilhamento alto (13,1 m). O primeiro cenário foi desenvolvido utilizando o conceito de proteção previsto nas normas NFPA-13 e IT-24/11, prevendo sprinklers somente no telhado. O segundo cenário é delineado com base na seção 2.3.6.6 da Norma Técnica 8-9 da FM Global, que prevê sprinklers ESFR no telhado e em um nível do porta-páletes.

O estudo dos critérios de dimensionamento dos sistemas e exigências para higienização de reservatórios foi imprescindível para se chegar a resultados tangíveis. Após o estudo das normas, foram elaborados os projetos dos referidos cenários, contemplando plantas baixas, cálculos hidráulicos e lista de materiais de cada um deles. Ao elaborar estes projetos, foi possível chegar aos resultados necessários para comparação entre os cenários, considerando os componentes do sistema e principalmente a quantidade de água necessária para a reserva técnica de incêndio para cada um. Pode ser verificado que, apesar do custo ligeiramente elevado em galpões de médio e grande porte, a proteção de depósitos conforme a norma FM 8-9, considerando um nível de sprinklers previstos no porta-páletes, é viável do ponto de vista da sustentabilidade por oferecer redução significativa no consumo e na reservação de água. Também pode ser verificado que esta solução permite aumentar a altura do depósito até 18 m, sem aumentar consideravelmente os custos, possibilitando assim investir muito pouco, estocar mais alto e ter maior sustentabilidade ambiental.

Palavras-chave: Chuveiros automáticos. Proteção contra incêndios. Sustentabilidade. Sprinklers. Depósito.

ABSTRACT

The central element of this case study was to compare two distinct fire protection scenarios in high piled storage facilities (13.10 meters). The first scenario used the protection concept provided in NFPA-13 and IT-24/11, where sprinklers are installed only on the ceiling. The second scenario is based on section 2.3.6.6 of Property Loss Prevention Data Sheet 8-9 of FM Global, which provides ESFR sprinklers on the ceiling and on one level of the rack structure.

The study of the discharge criteria of the systems and requirements for hygienization of reservoirs was essential to achieve tangible results. After studying the codes and standards, the projects of the referred scenarios were elaborated, contemplating designs, hydraulic calculations, and list of materials for each one of them. After elaborating on these projects, it was possible to reach the necessary results to compare the scenarios, considering the components of the system and mainly the amount of water required for the Water Tank for each one. It can be verified that despite having a slightly higher cost in medium and large storage buildings, the protection of Storage Facilities according to FM 8-9, considering one level of in-rack sprinklers, is feasible from the standpoint of sustainability by offering a significant reduction in consumption and reservation of water. It can also be verified that this solution allows increasing the height of the storage building up to 18 meters, without increasing considerably the costs, thus allowing to invest very little, to store higher and to have greater environmental sustainability

Key Words: Fire Sprinklers. Fire protection. Sustainability. Storage.

O insucesso é apenas uma oportunidade para
recomeçar com mais inteligência. (Henry Ford)

SUMÁRIO

1 – INTRODUÇÃO	21
1.1 APRESENTAÇÃO	21
1.2 OBJETIVOS	22
1.3 JUSTIFICATIVA	22
2 – REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	25
2.1 LEGISLAÇÃO APLICÁVEL	25
2.2 COMPONENTES DO SISTEMA	30
2.2.1 SPRINKLERS	32
2.2.2 TUBOS E CONEXÕES	35
2.2.3 VÁLVULAS	37
2.2.4 BOMBAS DE INCÊNDIO	38
2.2.5 RESERVA DE INCÊNDIO	39
3 – CONTEXTUALIZAÇÃO	43
3.1 DEPÓSITOS PARA ARMAZENAGEM	44
3.2 CLASSIFICAÇÃO DAS EDIFICAÇÕES	47
3.2.1 QUANTO À EXIGÊNCIA DO SISTEMA DE SPRINKLERS	47
3.2.2 QUANTO AO DIMENSIONAMENTO DO SISTEMA DE SPRINKLERS	52
3.2.2.1 TIPOS DE MERCADORIA	53
3.2.2.2 TIPOS DE ESTOCAGEM	54
4 – METODOLOGIA	59
5 – DESENVOLVIMENTO	61
5.1 DESENVOLVIMENTO DO CENÁRIO 1	61
5.1.1 CRITÉRIOS DE PROJETO E DIMENSIONAMENTO	61
5.1.2 RESULTADOS DO CENÁRIO 1	63
5.1.3 LISTA DE MATERIAIS PARA EXECUÇÃO	64
5.2 DESENVOLVIMENTO DO CENÁRIO 2	67
5.2.1 CRITÉRIOS DE PROJETO E DIMENSIONAMENTO	67
5.2.2 RESULTADOS DO CENÁRIO 2	72
5.2.3 LISTA DE MATERIAIS PARA EXECUÇÃO	73

6 – ANÁLISE E COMPARAÇÃO DOS RESULTADOS	77
6.1 DEPÓSITO COM 3.700 M ²	77
6.2 DEPÓSITO COM 45.000 M ²	79
6.3 RESERVATÓRIOS DE ÁGUA.	81
 7 – CONSIDERAÇÕES FINAIS E COMENTÁRIOS.	 83
 8 – CONCLUSÃO	 85
 REFERÊNCIAS	 87
 ANEXO A – PROJETO E DIMENSIONAMENTO – CENÁRIO 1.	 89
 ANEXO B – PROJETO E DIMENSIONAMENTO – CENÁRIO 2.	 100

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Processo para elaboração de Norma ABNT	27
Figura 2 – FM Global Research Campus	29
Figura 3 – Arquitetura básica de um sistema de sprinklers.	31
Figura 4 – Construção do sprinkler	33
Figura 5 – Funcionamento do sprinkler.	33
Figura 6 – Exemplo de instalação com bicos in-rack.	35
Figura 7 – Sistema ranhurado.	36
Figura 8 – Sistema em grelha	37
Figura 9 – VGA	38
Figura 10 – Esquema de alimentação para consumo e incêndio.	40
Figura 11 – Exemplo de mercadoria em pálete.	44
Figura 12 – Centro de distribuição / depósito	45
Figura 13– Classificação das edificações quanto à ocupação.	47
Figura 14 – Exigências para edificações J-1 e J-2	49
Figura 15 – Exigências para edificações J-3 e J-4	50
Figura 16 – Áreas máximas de compartimentação	51
Figura 17 – Exemplo de estocagem paletizada	54
Figura 18 – Estocagem em porta-páletes.	56
Figura 19 – Esquemático da estrutura porta-pálete	58
Figura 20 – Definição da altura do teto	67
Figura 21 – Diretrizes para dimensionamento do sistema no telhado.	69
Figura 22 – Distribuição dos bicos no porta-páletes	70
Figura 23 – Vazão mínima dos bicos de nível intermediário	71
Figura 24 – Quantidade de sprinklers para cálculo.	71
Figura 25 – Comparativo das reservas de incêndio	78
Figura 26 – Comparativo dos custos	79
Figura 27 - Comparativo das Reservas de Incêndio.	80
Figura 28 — Comparativo dos custos	81
Figura 29 – Curva de economia ao longo dos anos	82

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Resumo do cenário 1	63
Tabela 2 – Lista de materiais – Subcenário 1 – Depósito com 3.700 m ²	65
Tabela 3 – Lista de materiais – Subcenário 2 – Depósito com 45.000 m ²	66
Tabela 4 – Resumo do cenário 2	72
Tabela 5 – Lista de materiais – Subcenário 1 – Depósito com 3.700 m ²	74
Tabela 6 – Lista de materiais – Subcenário 2 – Depósito com 45.000 m ²	75
Tabela 7 – Resumo dos resultados – Galpão de 3.700 m ²	78
Tabela 9 – Resumo dos resultados de economia de água.	82

LISTA DE ABREVIATURAS, SIGLAS E SÍMBOLOS

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas

CB – Comitê Brasileiro

CD – Centro de Distribuição

CPVC – Policloreto de Vinila Clorado

DEC – Decreto

ESFR – Early Suppression Fast Response

FM – Factory Mutuals

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

IT – Instrução Técnica

Lpm – Litros por minuto

MJ/m² – Megajoules por metro quadrado

NBR – Norma Brasileira

NFPA – National Fire Protection Association

OMS – Organização Mundial da Saúde

Pead – Polietileno de Alta Densidade

RTI – Reserva Técnica de Incêndio

Sabesp – Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo

VGA – Válvula de Governo e Alarme

Ø – Diâmetro nominal

1 – INTRODUÇÃO

1.1 APRESENTAÇÃO

A necessidade de estabelecer medidas sustentáveis e seguras é cada vez mais presente em todo o mundo. Estas medidas devem ser realistas para os setores das atividades humanas. A sustentabilidade ambiental é imprescindível para a preservação do ecossistema visando, entre outros motivos, promover o bem-estar desta e das próximas gerações.

Sustentabilidade é um termo usado para definir ações e atividades humanas que visam suprir as necessidades atuais dos seres humanos, sem comprometer o futuro das próximas gerações. Ou seja, a sustentabilidade está diretamente relacionada ao desenvolvimento econômico e material sem agredir o meio ambiente, usando os recursos naturais de forma inteligente para que eles se mantenham no futuro. Seguindo estes parâmetros, a humanidade pode garantir o desenvolvimento sustentável. (SUA PESQUISA, 2017)

Existem diversas ações relacionadas à sustentabilidade, entre elas, as atitudes voltadas para o consumo controlado e consciente de água.

Os sistemas de chuveiros automáticos (sprinklers) são baseados no controle e/ou combate de um incêndio com a utilização de água como agente. As normas exigem que, no dimensionamento do sistema, a água seja reservada por um tempo estabelecido. No caso de depósitos, estas reservas muitas vezes são da ordem de 600.000 litros, e toda esta capacidade deve ficar disponível o tempo todo. Ou seja, cada edificação instalada irá dispor de certa quantidade de água reservada para o combate a incêndio que não pode ser utilizada para outro fim. Em muitos casos, estas reservas são conjugadas, ficando a reserva de incêndio na parte de baixo, o consumo na parte de cima e não há

septo separando as duas reservas. Garante-se a reserva de incêndio, pois a água não pode ser captada abaixo do nível onde é instalado o tubo de alimentação do consumo. Adiante será detalhado este tipo de alimentação, que é uma das configurações mais utilizadas no país.

Existem legislações sanitárias que exigem a manutenção e limpeza periódica da caixa-d'água. Na manutenção do reservatório, a água da reserva de incêndio simplesmente é descartada. Em alguns casos esta é descartada para reúso. O grande problema é que, quando a água é direcionada ao reúso, deixa de ser própria para consumo humano (potável) e passa a ser utilizada somente para lavagem de pisos, descargas, irrigação de jardins etc.

A proposta deste trabalho é comparar um cenário baseado nas normas NFPA e IT-24/11 e na FM Global – Norma Técnica de Prevenção de Perdas Patrimoniais 8-9: Armazenagem de Mercadorias Classes 1, 2, 3, 4 e Plásticos.

1.2 OBJETIVOS

Este trabalho tem como objetivo principal comparar a proteção ordinária, que prevê sprinklers somente no telhado, conforme IT-24/11 e NFPA-13, e a aplicação de um sistema projetado com base na seção 2.3.6.6. da FM 8-9, abordando os custos envolvidos e a redução do impacto ao meio ambiente considerando o consumo anual de água, aplicados em centros de distribuição e depósitos em geral.

1.3 JUSTIFICATIVA

Os centros de distribuição são cada vez mais necessários para estocagem da produção e, considerando a proteção por sistemas de chuveiros automáticos (sprinklers), se faz necessária a reserva de água para casos de incêndio. O sistema de chuveiros automáticos

(sprinklers) possui comprovada eficácia no controle e na supressão de incêndios, tanto que é exigido pelo Corpo de Bombeiros em praticamente todas grandes edificações, como shopping centers, escritórios, teatros, hospitais, entre outros. Estas edificações caracterizam-se pela concentração moderada de carga de incêndio, porém agravada pela concentração alta de pessoas.

No caso dos depósitos, não há exatamente uma grande concentração de pessoas; entretanto, este tipo de ocupação apresenta alto nível de carga de incêndio, com empilhamentos em alturas superiores a 10 metros que, em caso de incêndio, apresentam uma evolução e propagação muito rápida do fogo, ocasionando a destruição total da edificação e colocando em risco a integridade física das pessoas e do patrimônio quando não há a devida proteção por chuveiros automáticos (sprinklers).

Pode ser verificado inclusive nos canais de comunicação que, em incêndios deste tipo, durante o tempo em que o Corpo de Bombeiros é acionado e deslocado, o fogo propaga-se de tal forma dentro da edificação que dificulta muito a operação de combate, adicionando ainda maior risco aos profissionais da corporação. Portanto, há uma grande importância na previsão do sistema de chuveiros automáticos (sprinklers), pois este pode poupar danos materiais e salvar vidas, controlando o incêndio e possibilitando a fuga das pessoas em segurança. Conforme o Cap. PM Nilton Miranda:

[...] desde o surgimento até os momentos atuais, o sistema de chuveiros automáticos demonstra ser eficiente no controle e combate a incêndios e à proteção de vidas humanas como foi verificado, por exemplo, nos Estados Unidos onde os danos materiais causados por incêndios em hotéis foram 78% menores em edifícios com chuveiros automáticos que naquelas onde não existia esse sistema instalado. (MIRANDA, 2007, p. 116)

Este trabalho visa estudar um meio de possibilitar a redução da reserva de incêndio nos depósitos com estocagem alta protegidos por chuveiros automáticos (sprinklers) sem que haja perda na eficácia do sistema. Para alcançar o objetivo, serão estudados cenários

de comparação entre os custos de uma instalação ordinária, considerando a utilização de bicos do tipo ESFR no telhado, conforme NFPA-13 e IT-24/11, e a utilização do conceito presente na seção 2.3.6.6 do data sheet FM Global FM8-9, que estabelece a proteção por meio do sistema no telhado e em um nível dos porta-páletes.

2 – REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 LEGISLAÇÃO APLICÁVEL

Existem normas brasileiras e internacionais para estabelecer parâmetros na proteção contra incêndios por chuveiros automáticos (sprinklers) nas edificações em geral. Há algumas normas específicas que abordam somente este tema, que são:

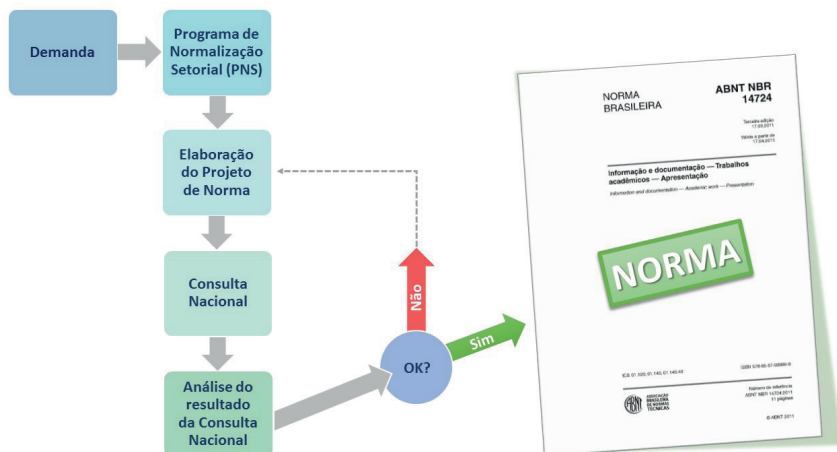
A ABNT NBR 10897:2014 (Sistemas de proteção contra incêndio por chuveiros automáticos — Requisitos) tem como escopo estabelecer os requisitos mínimos de proteção contra incêndio por chuveiros automáticos, aplicável a projeto e instalação deste sistema em todas as ocupações. Contudo, os critérios de proteção para áreas de armazenamento deverão ser conforme a NBR 13792 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2014). Basicamente, para áreas de armazenamento, deve ser seguida a NBR 10897:2014 quanto aos parâmetros de projeto e instalação no tocante a tubos, válvulas, conexões, generalidades, suportação etc. Por fim, deve ser seguida a NBR 13792 no tocante ao dimensionamento, ou seja, aos tipos de bicos, pressão e vazão de mínima de opera  o,    reserva de incêndio e aos critérios para distribui  o de bicos.

A ABNT NBR 13792:1997 (Prote  o contra incêndio, por sistema de chuveiros automáticos, para áreas de armazenamento em geral – Procedimento) tem como escopo estabelecer critérios mínimos de prote  o para diversos tipos de armazenamento, com altura máxima de 9,1 m (ASSOCIA  O BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 1997). Por ser uma norma antiga, não aborda estocagens acima de 9,1 m. Existe uma versão atualizada que aborda estocagens mais altas, todavia, esta versão ainda está em Comissão de Estudos, não vigente durante a elabora  o deste trabalho. Portanto, deve ser utilizada a norma americana NFPA adequada    situa  o ou legisla  o estadual do Corpo de Bombeiros.

As normas ABNT são elaboradas com base em uma demanda de mercado, pessoa, entidade ou organismo regulamentador envolvidos no assunto. A demanda é levada ao Comitê Técnico para inserção em seu Programa de Normalização Setorial. Pode haver Comitê Técnico relacionado ao assunto ou é criado um novo Comitê Técnico. O assunto é discutido pelo comitê com participação aberta a qualquer interessado até que se chegue a um consenso, gerando assim um projeto de norma. Geralmente nestes comitês participam empresas da área, seguradoras, consumidores e laboratórios de teste e certificação.

Após editorado, o projeto de norma é submetido a consulta nacional pela internet, onde os interessados podem fazer considerações sobre o texto. No final é feita uma reunião para deliberação das considerações e, quando houver um consenso por votação, o projeto de norma é aprovado e publicado como um Documento Técnico ABNT, ou seja, uma norma oficial vigente (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2014). Ambas as normas, NBR 10897 e NBR 13792, são elaboradas pelo Comitê Técnico ABNT – CB 24. A estratégia de elaboração destas normas foi traduzir a norma americana NFPA-13, adaptando às necessidades nacionais. Ou seja, grande parte dos conceitos, critérios e parâmetros são iguais aos aplicados nos Estados Unidos. O processo para elaboração das normas ABNT é resumido na figura 1.

Figura 1 – Processo para elaboração de Norma ABNT



Fonte: Associação Brasileira de Normas Técnicas.

A Instrução Técnica 24/11 do Corpo de Bombeiros do Estado de São Paulo tem como escopo estabelecer critérios mínimos de proteção por sprinklers para diversos tipos de armazenamento, sem quaisquer restrições de altura de empilhamento. Esta norma é parte integrante do regulamento de segurança contra incêndio das edificações e áreas de risco no estado de São Paulo, que é composto por um decreto estadual e instruções técnicas, que estabelecem todas as exigências administrativas e técnicas de segurança contra incêndios para se manter um projeto e sua execução regularizados. Este Regulamento foi escrito e revisado por um corpo técnico de bombeiros especializados em prevenção contra incêndios que se baseiam em normas estrangeiras bem como em diversos cenários e problemas encontrados em ocorrências de incêndio. Neste trabalho serão utilizados alguns conceitos de segurança contra incêndios extraídos deste regulamento, contudo, a instrução técnica diretamente aplicável é a 24/11. Esta tem como objetivo:

Estabelecer parâmetros técnicos para implementação do sistema de chuveiros automáticos para áreas de depósito, atendendo ao previsto no Decreto Estadual nº 56.819/11 – Regulamento de segurança contra incêndio das edificações e áreas de risco do Estado de São

Paulo. (CORPO DE BOMBEIROS DO ESTADO DE SÃO PAULO, 2011, p. 521)

A IT-24/11 se aplica a todas as áreas de depósitos, portanto podem ser edificações com ocupação exclusiva de depósito, como centros de distribuição, ou outras ocupações que usam depósitos em sua operação, como uma indústria ou hipermercado. Assim como as NBRs apresentadas, a IT-24/11 foi elaborada com base na NFPA-13 (CORPO DE BOMBEIROS DO ESTADO DE SÃO PAULO, 2011, p. 521).

Periodicamente o Corpo de Bombeiros publica documentos denominados Consultas Técnicas. Estes documentos complementam o regulamento de segurança contra incêndio das edificações e áreas de risco no estado de São Paulo visando dirimir dúvidas quanto à interpretação das instruções técnicas, estabelecer padrões de exigências e, principalmente, permitir o uso de tecnologias, parâmetros ou sistemas que não foram contemplados na publicação do regulamento, pois não existiam à época. Especificamente para este trabalho, será utilizada a CT-CCB-020/600/13, que estabelece:

[...] aceitação do chuveiro automático tipo ESFR pendente de aplicação específica com fator K de 25,2 de resposta rápida com disparo mecânico tipo link (fusível), para aplicação e proteção em depósitos para estocagem de mercadorias nas classes I a IV, com altura da cobertura de 14,6 m, armazenamento de até 13,1 m. (CORPO DE BOMBEIROS DO ESTADO DE SÃO PAULO, 2013, p. 01)

Como pôde ser verificado, a proteção por sprinklers no Brasil é baseada na norma NFPA-13 (Standard for the Installation of Sprinkler Systems). Sua versão mais recente é de 2016, cujo escopo é estabelecer os requisitos mínimos de proteção contra incêndio por chuveiros automáticos, aplicável a projeto e instalação deste sistema em todos os tipos de ocupações, com algumas exceções, contudo abrangem edificações em geral e depósitos. Basicamente, no Brasil, a adaptação da NFPA-13 foi dividida em duas normas: NBR 10897 e NBR 13792, já citadas. A NFPA (National Fire Protection Association) segue uma sistemática também com uso de Comitês Técnicos

para elaboração das normas, contando com a participação de profissionais e empresas da área, seguradoras e laboratórios de teste e certificação. As exigências são revisadas com a evolução das tecnologias, os novos resultados de testes, as pesquisas em laboratórios e o histórico de incêndios.

A FM Global é uma empresa privada de seguros que possui suas próprias normas técnicas para prevenção de perdas. A história desta empresa começou no século 19 com a junção de indústrias para formar uma companhia de seguros de propriedade mútua, por meio da qual criaram uma categoria chamada Risco Altamente Protegido. Estas indústrias ficaram conhecidas como Factory Mutuals. Os métodos e as inspeções que utilizavam em prevenção contra incêndios resultaram em perdas muito menores, sendo uma das instituições pioneiras na utilização de sprinklers quando da sua introdução em 1874. Durante os séculos seguintes, mais empresas foram aderidas à Factory Mutuals e em 1999 foi criada a FM Global para oferecer uma maior capacidade de seguro. Durante todos estes anos, investiu-se em engenharia e pesquisa voltada à prevenção de perdas. Hoje a empresa possui o centro mais sofisticado para ciência e engenharia avançada de prevenção de perdas (FM GLOBAL, 2017). A figura 2 mostra uma vista aérea deste centro de pesquisas.

Figura 2 – FM Global Research Campus



Fonte: FM Global.

As normas técnicas da FM Global são elaboradas com base em pesquisa, e a empresa oferece certificação na prevenção de perdas, voltada a produtos, componentes e sistemas como um todo, portanto são normas reconhecidas mundialmente por estabelecer parâmetros e exigências que trarão eficiência no controle e combate dos incêndios.

Instalado em uma área de 648 hectares, o Campus de Pesquisa da FM Global é um dos mais avançados centros de testes e pesquisas no mundo. É também a principal referência na área de pesquisa científica em prevenção de perdas e testes de produtos. Aqui a FM Global ajuda muitas das maiores empresas globais a entender como impedir que ameaças de catástrofes afetem seus bens e suas operações. O Campus de Pesquisa é ainda a principal escolha de fabricantes em busca de certificação para seus produtos destinados à prevenção de perdas. (FM GLOBAL, 2017)

A Norma Técnica de Prevenção de Perdas Patrimoniais 8-9: Armazenagem de Mercadorias Classes 1, 2, 3, 4 e Plásticos traz os mesmos conceitos de proteção das demais normas, como classificação de mercadorias, formas de armazenagem, arquitetura do sistema etc., contudo há uma série de diferenças quanto a exigências, dimensionamento etc., com base em pesquisas na área.

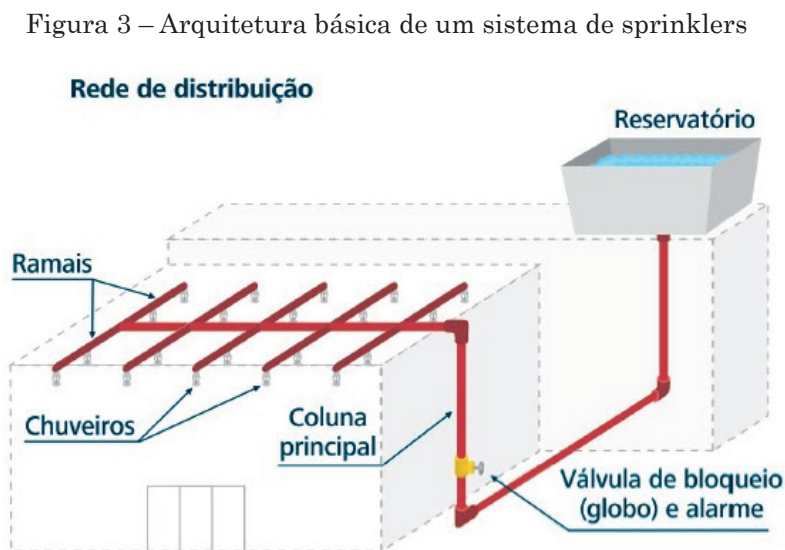
2.2 COMPONENTES DO SISTEMA

O sistema de chuveiros automáticos (sprinklers) é um sistema automático para proteção contra incêndios que utiliza água como agente. Diferentemente de outros sistemas utilizados para o combate a incêndios, o sistema de chuveiros automáticos não depende da intervenção humana para sua operação. Os sistemas de hidrantes e extintores, por exemplo, não têm utilidade sem a devida operação por um indivíduo devidamente treinado.

O sistema é formado por uma série de componentes para garantir o seu devido funcionamento e fazer com que a água seja descarre-

gada sobre uma área específica para que o controle ou a extinção do incêndio. Os bicos de sprinklers são conectados a tubulações, que por sua vez são alimentadas por um sistema de bombas e reservatório de água. No sistema de tubo molhado a tubulação fica o tempo todo com água pressurizada. Os sprinklers são dotados de um elemento termossensível que, ao receber calor suficiente, se rompem, fazendo com que a água presente na tubulação seja descarregada por este bico. Apenas se rompem e descarregam água os bicos que efetivamente sofreram ação do calor do incêndio.

A figura 3 apresenta a arquitetura básica de um sistema de sprinklers, considerando seus principais componentes.



Fonte: Bombeiro Oswaldo.

O sistema de chuveiros automáticos é um sistema fixo de combate a incêndio e caracteriza-se por entrar em operação automaticamente, quando ativado por um foco de incêndio, liberando água em uma densidade adequada ao risco do local que visa proteger e de forma rápida para extingui-lo ou controlá-lo em seu estágio inicial.

A sua eficácia é reconhecida em função do menor tempo decorrido entre a detecção e o combate ao incêndio, pois essa característica pode evitar a propagação do incêndio para o restante da edificação. Outra característica importante desse sistema é o acionamento do alarme simultaneamente com o início de operação, o que propicia a fuga dos usuários com segurança.

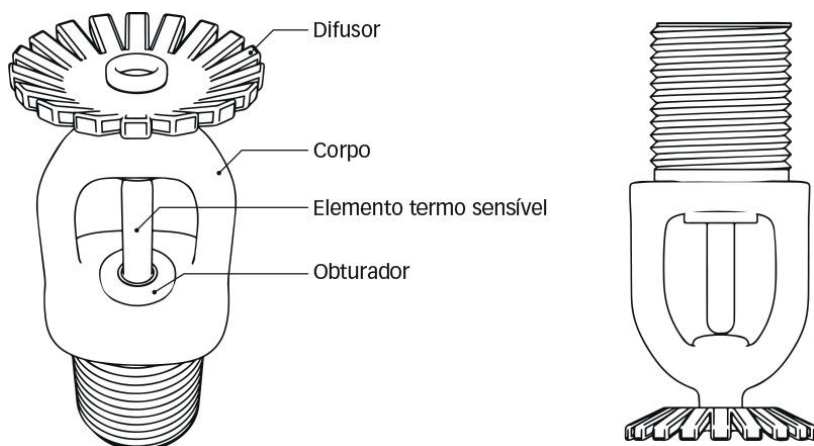
O princípio de operação desse sistema consiste em confinar o fogo na área de aplicação controlando ou extinguindo o foco do incêndio em seu estágio inicial, por meio de descarga automática de água. Assim, em uma grande área sem compartimentação como, por exemplo, em um galpão industrial, o sistema de chuveiros automáticos opera como compartimentação agindo na área restrita ao foco do incêndio, evitando a propagação do fogo e reduzindo os danos. Já o princípio de funcionamento do chuveiro automático é atuar como alarme, detectar e combater o fogo. (SEITO et al., 2008, p. 239)

2.2.1 SPRINKLERS

Os bicos de sprinklers são compostos por corpo, obturador, elemento termosensível e defletor ou difusor. O corpo é o componente de sustentação do bico. O obturador é o componente destinado à vedação do orifício de passagem de água e também base do elemento termosensível. O defletor é o componente que irá dar o padrão da descarga de água após o rompimento do elemento termosensível.

As figuras 4 e 5 demonstram a construção básica de um bico de sprinkler e seu princípio de funcionamento respectivamente.

Figura 4 – Construção do sprinkler



Fonte: Construnormas.

Figura 5 – Funcionamento do sprinkler



Fonte: Bombeiro Oswaldo.

Há uma infinidade de tipos e modelos de bicos que principalmente se subdividem em bicos pendentes e em pé (upright). Os tipos de bico podem ser standard spray, chuveiro de controle para aplicação específica (CCAE) e chuveiro automático de resposta e supressão rápidas (ESFR – Early Supression, Fast Response). Todos os bicos,

com exceção do ESFR, podem oferecer resposta normal ou rápida. Outro fator importante é a temperatura de acionamento e o tipo de elemento termosensível, que pode ser ampola de vidro ou fusíveis de liga metálica.

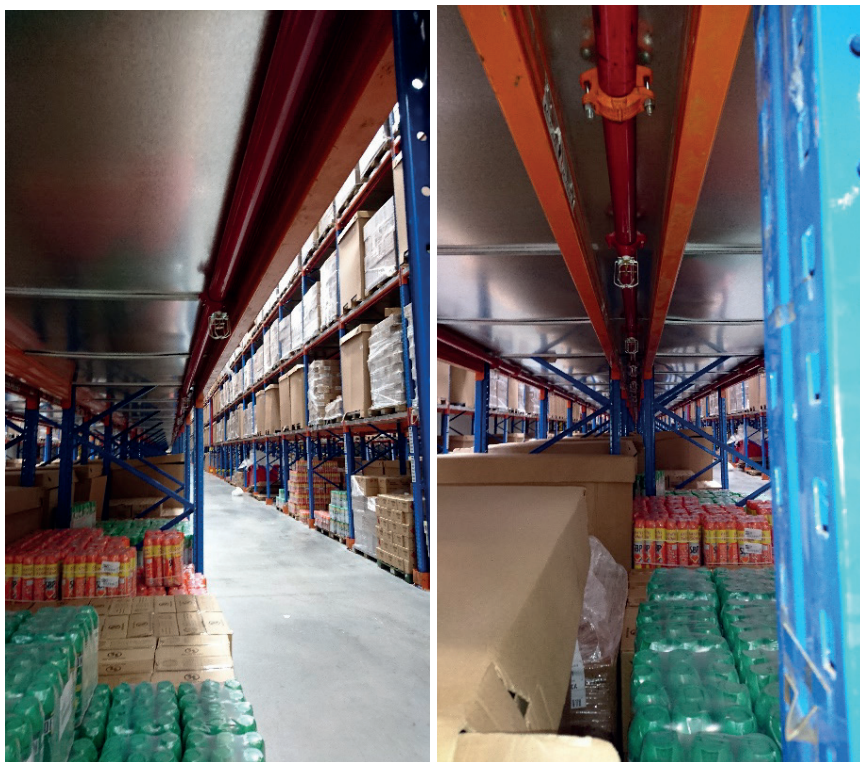
Isso quer dizer que, durante o projeto, devem ser definidos todos estes parâmetros de acordo com a posição, o risco e o tipo de incêndio que será necessário controlar.

Como foco deste trabalho será utilizado o bico do tipo ESFR, que possui aplicação para supressão de incêndios em depósitos. Este bico tem como característica o padrão de descarga de água para a devida penetração na estocagem, as altas pressões e vazões de trabalho e a resposta rápida de atuação. Assim como os demais bicos, os ESFRs são diferenciados pelo fator K, que deve ser entre 200 e 363.

A NBR 10897:2014 define que o fator K é um “fator que relaciona a vazão do chuveiro automático com a pressão dinâmica nele atuante; serve para definir a capacidade de vazão do chuveiro automático” (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2014, p. 7). Comercialmente existem quatro tipos de bico ESFR, sendo estes K14(202), K16,8(242), K22,4(323) e K25,2(363). Neste trabalho serão utilizados os bicos de K14(202) e K25,2(363) para aplicação no estudo de caso.

Os sprinklers podem ser instalados no teto da edificação e/ou nos porta-páletes, chamados de sprinklers intraprateleiras ou in-rack. A figura 6 mostra um exemplo de instalação de bicos in-rack.

Figura 6 – Exemplo de instalação com bicos in-rack



Fonte: acervo do autor.

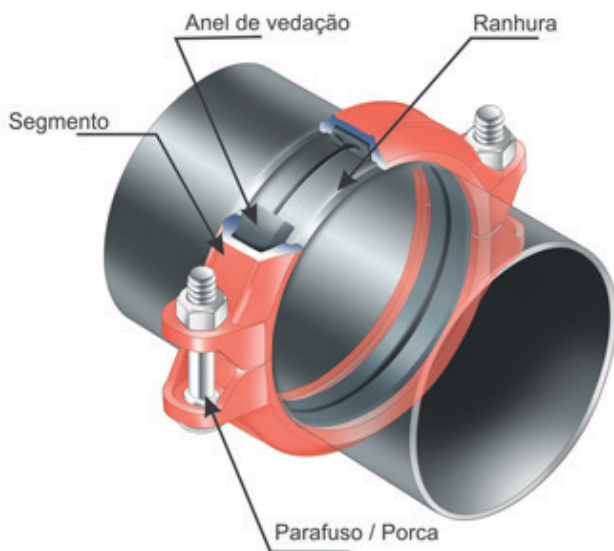
2.2.2 TUBOS E CONEXÕES

Os tubos são os responsáveis por conduzir a água desde o reservatório, passando pela bomba de pressurização, até alimentar os bicos de sprinkler. Estes podem ser de aço, cobre, CPVC ou Pead, dependendo de sua aplicação e se estão enterrados ou não. Os tubos e as conexões devem seguir normas específicas que irão estabelecer os requisitos mínimos para fabricação e execução das redes.

As conexões podem ser do tipo solda, junta elástica, acoplamento mecânico, entre outros. Para o contexto deste estudo, serão utilizados tubos em aço com conexão através de acoplamentos mecânicos

e ranhura por laminação, mais conhecidos como sistema ranhurado ou roll grooved, representados na figura 7. Neste tipo de conexão é feita uma ranhura na extremidade dos tubos onde são encaixados acoplamentos para união destes, provendo a devida vedação. Este sistema é de grande utilização, pois facilita ajustes em campo e em casos de alterações de layout. Como será proposta a instalação de sistema in-rack, caso o operador logístico tenha a necessidade de alterar seu layout de estantes, este pode ser feito de forma fácil, sem a necessidade de cortes e soldas em tubulações, tendo assim que ser parada a operação, podendo ser feita somente a desmontagem dos acoplamentos e tubos.

Figura 7 – Sistema ranhurado

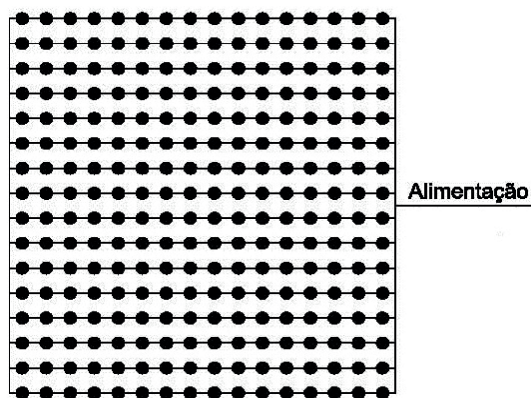


Fonte: Alvenius.

Para este estudo, será utilizado o sistema de sprinklers com configuração em grelha, representado na figura 8. Conforme a NBR 10897:2014, sistema em grelha é definido por:

Sistema de chuveiros automáticos no qual as tubulações subgerais são conectadas a ramais múltiplos. Um chuveiro em operação recebe água pelas duas extremidades do ramal enquanto outros ramais auxiliam a transportar água entre as tubulações subgerais [...]. (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2014, p. 6)

Figura 8 – Sistema em grelha



Fonte: ABNT.

Os ramais e tubos subgerais também são definidos pela NBR 10897:2014. Ramais são “tubos aos quais os chuveiros automáticos são fixados” e subgerais¹ são “tubos que alimentam os ramais” (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2014, p. 7).

2.2.3 VÁLVULAS

O sistema de sprinklers deve ser composto de uma série de válvulas para manobra, chamadas válvulas de bloqueio, que são basicamente utilizadas na saída da bomba para setorização do anel de alimentação, nos drenos etc. A NBR 10897:2014 exige que as válvulas de bloqueio que controlam a interligação do sistema de alimentação

¹ Nos sistemas tipo grelha, há duas subgerais. Por convenção, será chamada de subgeral frente a que se conecta à coluna de alimentação e subgeral fundo aquela que fecha os ramais.

à distribuição dos sprinklers devem indicar a posição aberta/fechada (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2014).

No sistema também são utilizadas válvulas de retenção, que permitem a passagem de água em apenas um sentido, prevenindo o retorno da água na tubulação.

A Válvula de Governo e Alarme (VGA), representada na figura 9, é instalada nas colunas de alimentação² dos sprinklers e é dotada de uma válvula de retenção, uma válvula de bloqueio e um dispositivo de alarme de fluxo. Cada coluna de alimentação deve possuir uma VGA e estas podem servir áreas máximas específicas. Conforme a NBR 10897:2014, no caso da ocupação de armazenamento, a área máxima de cada coluna é 3.700 m² (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2014).

Figura 9 – VGA



Fonte: Reliable Sprinkler.

2.2.4 BOMBAS DE INCÊNDIO

O sistema de bombas é responsável por fornecer as vazões e pressões mínimas exigidas, que são obtidas por meio dos critérios de

² As colunas de alimentação também podem ser chamadas de Riser, termo advindo da NFPA-13.

dimensionamento e efetivamente o cálculo hidráulico da rede conforme esses critérios.

O conjunto de bombas deve ser composto por no mínimo uma bomba principal, que irá suprir a pressão e vazão nominal da rede e uma bomba de reforço (jockey), que tem como finalidade reestabelecer a pressão da rede em caso de pequenos vazamentos ou variações e manter a rede sob uma pressão estática de supervisão em faixa previamente estabelecida. As bombas podem ser acionadas por motores elétricos ou a diesel. Os painéis de comando dessas bombas devem fornecer as informações e o comando necessários para operação e manutenção dos conjuntos. Em sistemas de sprinklers, as bombas devem ser dos tipos centrífuga horizontal de sucção frontal, centrífuga horizontal de carcaça bipartida e centrífuga e/ou turbina vertical (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2014).

O acionamento das bombas deve ser automático, ou seja, elas devem ser equipadas com dispositivo que detecte a abertura de um sprinkler e comande a partida. O conjunto de bombas deve possuir dispositivos de teste e alívio de pressão de acordo com a aplicação. Para efeito deste estudo, será desconsiderado todo o conjunto de dispositivos que acompanham as bombas, tendo em vista que em ambos os cenários eles não se alteram. Basicamente o que se altera entre cenários é a capacidade da bomba em si (pressão, vazão e potência).

2.2.5 RESERVA DE INCÊNDIO

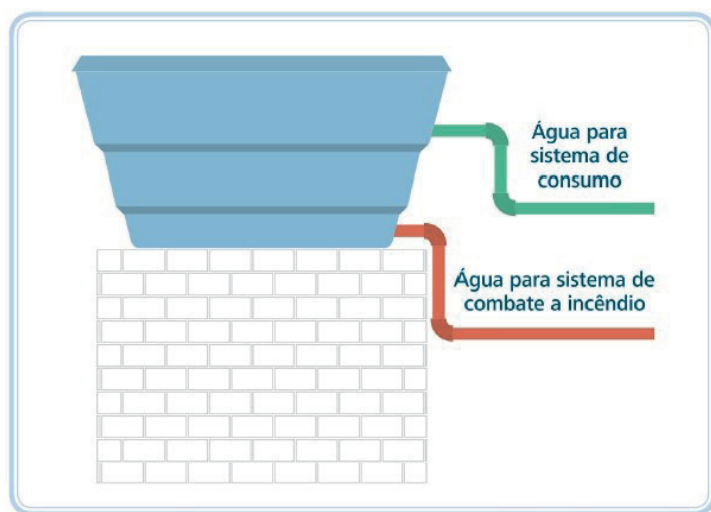
A reserva de incêndio, exemplificada na figura 10, deve ser exclusiva para o sistema de incêndio e ter operação automática, isto é, nos casos em que a reserva em si não está a uma altura que forneça a pressão necessária por gravidade, há a necessidade de utilização de bomba de reforço, conforme descrito na seção anterior. A capacidade efetiva da reserva de incêndio, que é calculada considerando a vazão do sistema e o tempo de funcionamento estabelecido pela

norma, deve ser mantida de forma permanente. A NBR 10897:2014 estabelece que:

Quando o reservatório para o sistema de chuveiros automáticos fornecer água para outros serviços, as tomadas de água para estes devem ser laterais ou elevadas a níveis mais altos, de modo que a capacidade efetiva para os chuveiros automáticos seja sempre mantida com exclusividade.

[...] O reservatório elevado deve ser mantido limpo e livre de objetos estranhos, de modo a não prejudicar o bom funcionamento do sistema de chuveiros automáticos.

Figura 10 – Esquema de alimentação para consumo e incêndio



Fonte: Bombeiro Oswaldo.

Dado o exposto, há a necessidade da manutenção nos reservatórios, para manter-se a limpeza e isenção de objetos estranhos. Como a reserva de incêndio pode ser conjugada com a reserva para outros serviços e consumo humano, há também a exigência de limpeza, higienização e desinfecção pelo órgão da saúde, visando manter o padrão de potabilidade e qualidade da água. As legislações que dispõem sobre este tema são estaduais ou municipais, por exigência do Ministério

da Saúde. Será tomada como base para fins estatísticos a legislação do município de São Paulo. A lei ordinária estabelece que as caixas de água devem passar por limpeza e desinfecção a cada período de 360 dias (PREFEITURA DO MUNICÍPIO DE SÃO PAULO, 1989). A água reservada e consumida obviamente possui um custo, ou seja, tanto na construção da edificação quanto nas manutenções estes reservatórios devem ser realimentados. Desde maio de 2016, o custo do metro cúbico de água é de R\$ 17,46 (SABESP, 2017).

3 – CONTEXTUALIZAÇÃO

Para este estudo, foi considerado um depósito logístico localizado no estado de São Paulo (centro de distribuição com aproximadamente 45.000,00 m²), com estocagem em porta-páletes e altura de 13,1 m e altura de telhado na cumeeira de 14,6 m.

As mercadorias estocadas serão de Classe I a Classe IV e plásticos em caixas de papelão.

A operação do depósito é feita por meio de empilhadeiras operadas por trabalhadores que retiram mercadorias dos caminhões advindos do site de produção e alocam em suas devidas posições sobre os porta-páletes. Quando solicitado o despacho, as mercadorias são retiradas dos porta-páletes e transportadas para os caminhões para a devida entrega ao cliente. Elas são acomodadas em caixas de papelão sobre páletes. A figura 11 apresenta um exemplo deste tipo de acondicionamento de mercadorias.

Figura 11 – Exemplo de mercadoria em pálete

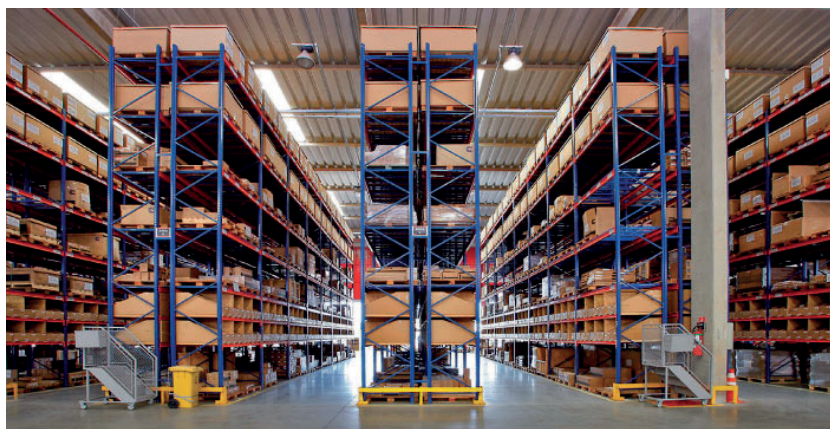


Fonte: CookStone.

3.1 DEPÓSITOS PARA ARMAZENAGEM

Dada a necessidade de contextualização do estudo de caso, foi escolhido um depósito para logística de forma estanque, contudo este trabalho se aplica a qualquer edificação que possua armazenagem com altura de 13,1 m, como hipermercados que possuem depósitos, lojas do tipo atacado e lojas do tipo homecenter, que mantêm muitas vezes em seu salão de vendas a estocagem alta e possuem depósitos anexos às lojas, indústrias que possuem estocagem, entre outros. A figura 12 exemplifica um depósito com estocagem alta.

Figura 12 – Centro de distribuição / depósito



Fonte: Conhecimentos da Armazenagem.

Com o passar dos anos, foi verificado que todos os processos precisam de espaço, máquinas e armazenamento coberto e logo se entendeu que os galpões seriam a melhor solução seja qual fosse o seu negócio. Hoje há inúmeros negócios que estão localizados neste tipo de estrutura. Os modelos de galpão acabaram disseminados por todo o Brasil, pois são imóveis que podem ser adaptados para os negócios, normalmente próximos às capitais ou próximos aos grandes consumidores do seu produto de armazenagem ou fabricação (PORTAL EDUCAÇÃO, 2014).

Com o passar dos anos, o conceito da estrutura de galpão foi se adaptando às necessidades de negócio de cada um, ou seja, devido à necessidade e à facilidade de uma construção rápida, os galpões acabaram sendo a melhor saída para uma implantação de negócio, principalmente para depósitos, que devem ser um local de grande áreas e alturas livres. Mais tarde, o galpão foi se desenvolvendo por si só e acabou de fato virando o próprio negócio de facilidade de se adaptar ao espaço, já que a grande maioria possui um grande vão livre, o que simplifica a implantação.

Sendo assim, hoje o galpão voltado à operação logística, mercado do tipo atacado, entre outros é um negócio — existem inúmeras empresas, consórcios, holdings especializadas na construção e manutenção

de galpões para locação a seus clientes, deixando assim o galpão de ser uma estrutura necessária no custo de quem empreende passando a ser apenas o compromisso do aluguel. Em um estudo realizado em 2016 pela Buildings, ficou constatado que naquele ano o Brasil possuía em torno de 18 milhões de metros quadrados em condomínios de galpões para locação (lembrando que este estudo é focado em condomínios de galpões, não contemplando em sua totalidade todos os depósitos e suas diversas variações) (BUILDINGS, 2016).

Não foi possível encontrar dados oficiais ou extraoficiais acerca da quantidade de depósitos existentes no Brasil, considerando empresas específicas para este fim ou, por exemplo, indústrias que porventura possuem depósitos junto a suas produções. Portanto, para que seja possível estimar, será utilizada uma hipótese com base nos dados encontrados em uma pesquisa junto aos maiores operadores de atacado no Brasil e no IBGE. Chegou-se a um número estimado de 545 lojas nas quais o sistema de sprinklers se aplica. Segundo o IBGE (2014), em 2014 existiam 235.946 empresas ativas no ramo de armazenagem, transporte e correio.

Para formulação da hipótese e estimativa, serão utilizados os dados obtidos na pesquisa, considerando apenas 10% das empresas, tendo em vista que muitas destas estão inseridas em condomínios de galpões, onde o sistema de sprinklers é compartilhado entre os diversos locatários.

Sendo assim, para efeito de cálculo, serão considerados 24.139 depósitos protegidos ou a proteger-se com sprinklers.

3.2 CLASSIFICAÇÃO DAS EDIFICAÇÕES

3.2.1 QUANTO À EXIGÊNCIA DO SISTEMA DE SPRINKLERS

Será utilizada a legislação de segurança contra incêndios do estado de São Paulo³ para classificar a edificação objeto deste estudo. Como já exposto, o regulamento de segurança contra incêndio das edificações e áreas de risco no estado de São Paulo é composto pelo Decreto Estadual 56819/11 e por instruções técnicas. As exigências das edificações são determinadas em função da ocupação, altura, área construída e carga de incêndio.

Os depósitos são classificados pela letra J seguida de um número que dependerá da carga de incêndio, conforme a figura 13.

Figura 13– Classificação das edificações quanto à ocupação

Grupo	Ocupação/Use	Divisão	Descrição	Exemplos
J	Depósito	J-1	Depósitos de material incombustível	Edificações sem processo industrial que armazenam tijolos, pedras, areias, cimentos, metais 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 entre 300 a 1.200MJ/m ²
		J-4	Todo tipo de Depósito	Depósitos onde a carga de incêndio ultrapassa a 1.200MJ/m ²

Fonte: Corpo de Bombeiros do Estado de São Paulo.

De acordo com o Decreto 56819/11, a altura da edificação é definida por: “a. para fins de exigências das medidas de segurança contra incêndio, é a medida em metros do piso mais baixo ocupado ao piso do último pavimento” (CORPO DE BOMBEIROS DO ESTADO DE SÃO PAULO, 2011, p. 2) e a carga de incêndio “[...] é a soma das energias caloríficas possíveis de serem liberadas pela combustão completa de todos os materiais combustíveis contidos em um espaço, inclusive o revestimento das paredes, divisórias, pisos e tetos” (CORPO DE BOMBEIROS DO ESTADO DE SÃO PAULO, 2011, p. 2).

3 Os demais estados possuem suas próprias legislações, porém a maioria utiliza o mesmo conceito de São Paulo.

Neste contexto, a edificação objeto deste estudo é considerada térrea, por não possuir nenhum pavimento superior. A carga de incêndio é variável, pois irá depender do tipo de material estocado. Este estudo abrange todo tipo de depósitos, ou seja, de J-1 a J-4, tendo em vista que a classificação para dimensionamento do sistema de sprinklers é diferente. A norma específica para sprinklers não considera carga de incêndio nos critérios de dimensionamento, e sim quais são e como são acondicionadas estas mercadorias. A carga de incêndio é importante para determinar se a edificação possui ou não a exigência para instalação do sistema de sprinklers.

A tabela 6 do Decreto 56819/11 estabelece as exigências das medidas de segurança contra incêndios para edificações com área superior a 750 m², correlacionadas a ocupação, carga de incêndio e altura, que pode ser verificada nas figuras 14 e 15.

Figura 14 – Exigências para edificações J-1 e J-2

Tabela 6J.1: Edificações de Divisão J-1 e J-2 com área superior a 750 m² ou altura superior a 12,00 m

GRUPO DE OCUPAÇÃO E USO	GRUPO J – DEPÓSITO											
Divisão	J-1 (material incombustível)						J-2 (risco baixo)					
Medidas de Segurança contra Incêndio	Classificação quanto à altura (em metros)						Classificação quanto à altura (em metros)					
	Térrea	H ≤ 6	6 < H ≤ 12	12 < H ≤ 23	23 < H ≤ 30	Acima de 30	Térrea	H ≤ 6	6 < H ≤ 12	12 < H ≤ 23	23 < H ≤ 30	Acima de 30
Acesso de Viatura na Edificação	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Segurança Estrutural contra Incêndio	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Compartimentação Horizontal (áreas)	-	-	-	-	-	-	X ¹	X ¹	X ¹	X ¹	X ¹	X
Compartimentação Vertical	-	-	-	X ²	X ²	X	-	-	-	X ⁵	X ⁵	X
Controle de Materiais de Acabamento	-	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Saídas de Emergência	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X ³
Brigada de Incêndio	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Iluminação de Emergência	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Deteção de Incêndio	-	-	-	-	-	X	-	-	-	-	X	X
Alarme de Incêndio	-	-	-	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Sinalização de Emergência	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Extintores	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Hidrante e Mangotinhos	-	-	-	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Chuveiros Automáticos	-	-	-	-	-	X	-	-	-	-	X	X
Controle de Fumaça	-	-	-	-	-	X ⁴	-	-	-	-	-	X ⁴
NOTAS ESPECÍFICAS: 1 – Pode ser substituída por sistema de chuveiros automáticos; 2 – Exigido para as compartimentações das fachadas e selagens dos shafts e dutos de instalações; 3 – Deve haver Elevador de Emergência para altura maior que 60 m; 4 – Acima de 60 metros de altura; 5 – Pode ser substituída por sistema de controle de fumaça, detecção de incêndio e chuveiros automáticos, exceto para as compartimentações das fachadas e selagens dos shafts e dutos de instalações.												

Fonte: Corpo de Bombeiros do Estado de São Paulo.

Figura 15 – Exigências para edificações J-3 e J-4

Tabela 6J.2: Edificações de Divisão J-3 e J-4 com área superior a 750 m² ou altura superior a 12,00 m

GRUPO DE OCUPAÇÃO E USO	GRUPO J – DEPÓSITO											
Divisão	J-3 (risco médio)						J-4 (risco alto)					
Medidas de Segurança contra Incêndio	Classificação quanto à altura (em metros)						Classificação quanto à altura (em metros)					
	Térrea	H ≤ 6	6 < H ≤ 12	12 < H ≤ 23	23 < H ≤ 30	Acima de 30	Térrea	H ≤ 6	6 < H ≤ 12	12 < H ≤ 23	23 < H ≤ 30	Acima de 30
Acesso de Viatura na Edificação	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Segurança Estrutural contra Incêndio	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Compartimentação Horizontal (áreas)	X ¹	X ¹	X ¹	X ¹	X ¹	X	X ¹	X ¹	X ¹	X ¹	X ¹	X
Compartimentação Vertical	-	-	-	X ³	X ³	X	-	-	-	X ³	X ³	X
Controle de Materiais de Acabamento	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Saídas de Emergência	X	X	X	X	X	X ²	X	X	X	X	X	X ²
Plano de Emergência	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Brigada de Incêndio	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Iluminação de Emergência	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Deteção de Incêndio	-	-	-	X	X	X	-	-	-	X	X	X
Alarme de Incêndio	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Sinalização de Emergência	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Extintores	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Hidrante e Mangotinhos	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Chuveiros Automáticos	-	-	-	X	X	X	-	-	-	X	X	X
Controle de Fumaça	-	-	-	-	-	X	-	-	-	-	-	X
NOTAS ESPECÍFICAS:												
1 – Pode ser substituída por sistema de chuveiros automáticos;												
2 – Deve haver Elevador de Emergência para altura maior que 60 m;												
3 – Pode ser substituída por sistema de controle de fumaça, deteção de incêndio e chuveiros automáticos, exceto para as compartimentações das fachadas e selagens dos shafts e dutos de instalações.												

Fonte: Corpo de Bombeiros do Estado de São Paulo.

Como pode ser verificado nas tabelas, para as edificações térreas do grupo J com presença de carga de incêndio, não há a exigência de chuveiros automáticos (sprinklers), entretanto há a exigência de compartimentação horizontal que, através da nota específica 1, pode substituir a exigência por chuveiros automáticos (sprinklers).

[...] medidas de proteção passiva, constituídas de elementos de construção corta-fogo, destinadas a evitar ou minimizar a pro-

pagação do fogo, calor e gases, interna ou externamente ao edifício, no mesmo pavimento ou para pavimentos elevados consecutivos, dentro de uma área máxima de compartimentação pré-estabelecida. (CORPO DE BOMBEIROS DO ESTADO DE SÃO PAULO, 2011, p. 128)

A compartimentação horizontal é definida por “[...] medida de proteção, constituída de elementos construtivos corta-fogo, separando ambientes, de tal modo que o incêndio fique contido no local de origem e evite a sua propagação no plano horizontal [...]” (CORPO DE BOMBEIROS DO ESTADO DE SÃO PAULO, 2011, p. 128). A IT-09/11 estabelece as áreas máximas de compartimentação conforme a figura 16:

Figura 16 – Áreas máximas de compartimentação

GRUPO	TIPO DE EDIFICAÇÕES					
TIPO	I	II	III	IV	V	VI
DENOMINAÇÃO	Edificação térrea	Edificação baixa	Edificação de baixa-média altura	Edificação de média altura	Edificação mediantemente alta	Edificação alta
ALTURA	Um pavimento	H ≤ 6,00 m	6,00 m < H ≤ 12,00 m	12,00 m < H ≤ 23,00 m	23,00 m < H ≤ 30,00 m	Acima de 30,00 m
A-1, A-2, A-3	—	—	—	—	—	—
B-1, B-2	—	5.000	4.000	3.000	2.000	1.500
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
D-1, D-2, D-3, D-4	5.000	2.500	1.500	1.000	800	2.000
E-1, E-2, E-3, E-4, E-5 e E-6	—	—	—	—	—	—
F-1, F-2, F-3, F-4, F-7 e F-9	—	—	—	—	—	—
F-5 e F-6	5.000	4.000	3.000	2.000	1.000	800
F-8	—	—	—	2.000	1.000	800
F-10	5.000	2.500	1.500	1.000	1.000	800
G-1, G-2, G-3 e G-5	—	—	—	—	—	—
G-4	10.000	5.000	3.000	2.000	1.000	1.000
H-1, H-2, H-4, H-5	—	—	—	—	—	—
H-3	—	5.000	3.000	2.000	1.500	1.000
H-6	5.000	2.500	1.500	1.000	800	2.000
I-1 e I-2	—	10.000	5.000	3.000	1.500	2.000
I-3	7.500	5.000	3.000	1.500	1.000	1.500
J-1	—	—	—	—	—	—
J-2	10.000	5.000	3.000	1.500	2.000	1.500
J-3	4.000	3.000	2.000	2.500	1.500	1.000
J-4	2.000	1.500	1.000	1.500	750	500
M-2 ⁽¹⁾	1.000	500	500	300	300	200
M-3	5.000	3.000	2.000	1.000	500	500

Fonte: Corpo de Bombeiros do Estado de São Paulo.

Portanto, as edificações J-2, J-3 e J-4 devem possuir área máxima de compartimentação de 10.000 m², 4.000 m² e 2.000 m² respectivamente. Por exemplo, um depósito J-4 que possui 80.000 m², deverá

ser compartimentado em 40 partes, sendo que a separação entre estas deverá ser com paredes e portas corta-fogo. Este tipo de solução inviabiliza a operação de um depósito, pois dificulta o trânsito das empilhadeiras e, principalmente, faz com que haja uma perda significativa de posições para estocagem. Apenas vale a pena investir em centros de distribuição quando se consegue o número máximo possível de posições de estocagem. Para vencer este problema, basta prever o sistema de sprinklers, possibilitando assim a isenção da exigência de área máxima de compartimentação, ficando o tamanho do depósito ilimitado e sem paredes corta-fogo.

Não obstante, além da exigência feita pela legislação, a instalação do sistema de sprinklers é muito importante, por ser um sistema com comprovada eficácia no controle e/ou na supressão do incêndio. Este sistema traz para a empresa uma série vantagens, pois possibilita uma redução drástica nos danos provocados pelo incêndio: perdas de material e perdas humanas. Um fator tácito também é que, em caso de incêndio, a empresa ficará sem operação durante a reconstrução do depósito ou será obrigada a temporariamente mover suas operações para outro lugar. Neste tempo de reconstrução ou mudança, a empresa ficará sem operar, deixando de ter receita com a parada da operação. Também é importante considerar que o custo de muitos seguros é reduzido caso a empresa possua sistema de sprinklers instalado.

Para o presente estudo, a classificação é de uma edificação térrea com ocupação J-4 (Depósito com carga de incêndio superior a 1.200 MJ/m²), área construída de 45.000 m², portanto substituindo a área máxima de compartimentação por sprinklers.

3.2.2 QUANTO AO DIMENSIONAMENTO DO SISTEMA DE SPRINKLERS

Para o dimensionamento do sistema de sprinklers em depósitos, alguns parâmetros devem ser verificados, pois irão determinar o tipo de solução a ser utilizada no projeto.

3.2.2.1 TIPOS DE MERCADORIA

As mercadorias estocadas nos depósitos são classificadas por classes, sendo estas Classe I a IV e plásticos. Há diferenças no dimensionamento caso estas mercadorias estejam alocadas de forma exposta ou em caixas de papelão, se os paletes forem de madeira, plástico ou metal. Conforme a NFPA-13/16, a definição de mercadoria é a combinação de produtos, embalagens e recipientes que determinarão a classificação (NFPA, 2016).

A NFPA-13/16 define que: Mercadorias Classe I são produtos essencialmente incombustíveis estocados diretamente sobre paletes de madeira, armazenados em caixas de papelão com ou sem divisórias ou envoltos com filme plástico ou papel, colocadas ou não sobre paletes. As mercadorias de Classe II são mercadorias de Classe I, colocadas em engradados de madeira, caixas de madeira, caixas de papelão ou materiais cujas embalagens têm combustibilidade equivalente, colocadas ou não sobre paletes de madeira. As mercadorias de Classe III são produtos de madeira, papel, tecidos de fibras naturais, plásticos do grupo C ou produtos similares, utilizando ou não caixas de papelão, madeira ou engradados, com ou sem paletes de madeira. Os produtos podem conter quantidade limitada de plásticos A e B (no máximo 5% em peso ou volume). As mercadorias Classe IV são todas as mercadorias de Classe I, II ou III que contenham no próprio produto ou na sua embalagem 5 a 15% em peso ou 5 a 25% em volume de plásticos Grupo A. Esta classe inclui também produtos feitos parcial ou totalmente com plásticos Grupo B, assim como materiais plásticos Grupo A sujeitos a derramamento.

Plásticos, elastômeros e borrachas são classificados como Grupos A, B ou C. Esta classificação é baseada em plásticos não modificados. O uso de produtos retardantes de chama ou de fogo, ou alterações na forma física do material, podem alterar a classificação. Os plásticos expandidos são aqueles cuja densidade é reduzida pela presença de grande número de células, interconectadas ou não, dispersas em seu corpo. Plásticos não recobertos por embalagens ou por envoltórios

que absorvam água ou retardem significativamente a combustão da mercadoria devem ser considerados expostos. Plásticos que caem de suas embalagens durante um incêndio, obstruindo os vãos verticais e criando um efeito de abafamento do fogo devem ser considerados plásticos sujeitos a derramamento. Exemplos incluem plásticos em pó, peletizados, em flocos ou pequenos objetos (NFPA, 2016).

No presente estudo a aplicação é para todas as edificações com mercadorias Classe I a IV e plásticos não expandidos em caixas de papelão (não expostos).

3.2.2.2 TIPOS DE ESTOCAGEM

Há diversos tipos de estocagem, sendo alguns exemplos: pilha sólida (paletizadas), estantes e porta-páletes (rack).

A NFPA 13-16 define que as mercadorias paletizadas são aquelas apoiadas em páletes, não havendo nenhum tipo de estrutura para acondicionamento da carga. (NFPA, 2016). No mercado logístico este tipo de estocagem também é chamado de blocado. Um exemplo deste arranjo pode ser verificado na figura 17.

Figura 17 – Exemplo de estocagem paletizada



Fonte: acervo do autor.

A armazenagem em estantes é definida pela IT-24/11:

[...] armazenagem em estruturas com menos de 30 in. (76,2 cm) de profundidade, com prateleiras com espaçamento vertical aproximado de 2 ft (0,6 m) e separadas por corredores de aproximadamente 30-in. (76,2 cm). (CORPO DE BOMBEIROS DO ESTADO DE SÃO PAULO, 2011, p. 580)

Um exemplo de armazenagem em estantes seriam as gôndolas de um supermercado.

O foco deste estudo é a armazenagem em porta-páletes (racks), que é definida pela IT-24/11. A figura 18 representa uma estocagem deste tipo.

[...] qualquer combinação de elementos estruturais verticais, horizontais e diagonais que apoiam mercadorias armazenadas. Algumas estruturas porta-páletes utilizam prateleiras sólidas. As estruturas porta-páletes podem ser fixas, portáteis ou móveis. O carregamento pode ser manual, utilizando empilhadeiras, guias ou colocação manual, ou automático, com sistemas de armazenagem e recuperação controlados por máquinas. (CORPO DE BOMBEIROS DO ESTADO DE SÃO PAULO, 2011, p. 580)

Figura 18 – Estocagem em porta-páletes



Fonte: acervo do autor.

As estruturas porta-páletes são divididas em simples, duplas ou múltiplas, a Norma Técnica 8-9 da FM Global estabelece:

Armazenagem em estruturas porta-paletes: armazenagem em estrutura porta-paletes que utiliza combinações de elementos verticais, horizontais e diagonais, com ou sem prateleiras sólidas, para apoiar o material armazenado. As porta-paletes podem ser estacionárias ou modulares. O carregamento pode ser executado manualmente por meio de empilhadeiras, guias empilhadeiras ou colocação à mão, ou automaticamente, com o uso de sistemas de movimentação de materiais controlados por máquinas.

- A estrutura porta-paletes simples não tem vão livre longitudinal, sua profundidade é de até 1,8 m (6 ft) e seus corredores têm largura maior que 0,6 m (2 ft).
- A estrutura porta-paletes dupla consiste em duas estruturas simples colocadas uma contra a outra e separadas por um vão livre longitudinal, com corredores de largura acima de 0,6 m (2 ft).
- A estrutura porta-paletes múltipla é a que tem largura maior que 3,6 m (12 ft), ou é formada por estruturas porta-paletes

simples ou duplas separadas por corredores com largura de até 0,6 m (2 ft), com largura total, inclusive vãos, maior que 3,6 m (12 ft). As estruturas porta-paletes múltiplas podem ser do tipo *drive-in*, *drive-through*, *flow-through*, *push-back* ou de dupla profundidade (*double-deep*). Sua profundidade é que determina seu tipo. (FM GLOBAL, 2015, p. 86)

Existem múltiplas formas de se proteger mercadorias em estruturas porta-páletes com diversos tipos de bicos. Para delimitar o contexto, apenas será abordada a proteção por sprinklers do tipo ESFR, cujos detalhes dos parâmetros de proteção serão elencados em seção posterior deste trabalho. Para caracterizar a proteção por bicos do tipo ESFR, os porta-páletes devem ser do tipo estrutura aberta. Conforme a Norma Técnica 8-9 da FM Global, os seguintes requisitos devem ser seguidos:

- Dispor vãos livres transversais adequados ao longo de toda a sua altura, espaçados horizontalmente a cada 2,7 m, pelo menos, e não bloquear vãos livres transversais. Os vãos devem possuir uma largura útil mínima de 75 mm ao longo de toda a altura da estrutura porta-páletes. Os vãos livres transversais devem ter uma separação horizontal máxima de 1,4 m quando suas larguras úteis forem inferiores a 150 mm ou quando seu alinhamento vertical não puder ser mantido. A separação horizontal máxima entre vãos livres transversais verticalmente alinhados e bem mantidos pode ser aumentada para 2,7 m quando suas larguras úteis forem de 150 mm ou maiores.

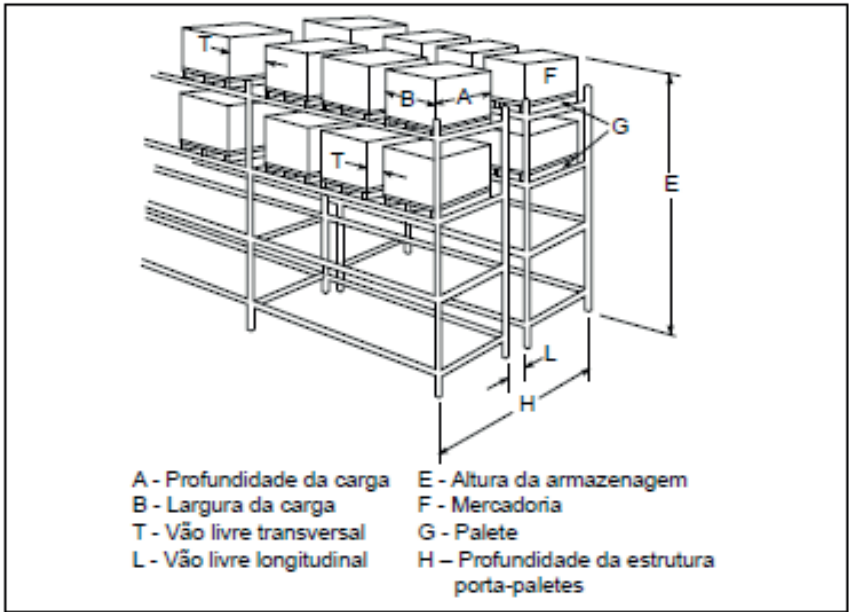
- Vãos livres longitudinais não são exigidos em estruturas porta-páletes duplas. Entretanto, se eles forem previstos, deve haver largura útil mínima de 75 mm ao longo de toda a altura da estrutura porta-páletes. Vãos livres longitudinais são obrigatórios para as estruturas porta-páletes múltiplas e devem possuir larguras úteis de 150 mm, com uma separação horizontal máxima de 4,8 m.

As prateleiras das estruturas porta-páletes abertas podem ser sólidas, desde que:

- As prateleiras sólidas sejam fixas, não tenham superfície superior a 2 m² e não bloqueiem os vãos livres transversais (FM GLOBAL,

2015). Na figura 19, podem ser verificados os detalhes de uma estrutura porta-pálete, bem como os vãos livres transversais (T) e longitudinais (L):

Figura 19 – Esquemático da estrutura porta-pálete



Fonte: FM Global.

4 – METODOLOGIA

O presente estudo de caso adotou como metodologia a pesquisa bibliográfica e o conhecimento técnico dos autores sobre o assunto, que envolve o estudo das normas aplicáveis bem como dos demais conceitos em sites e livros, revistas e artigos científicos disponíveis em bibliotecas e em bases de dados acadêmicas (e.g. Scopus e Scielo), e documental, levantando tanto procedimentos quanto resoluções de órgãos oficiais.

A contextualização e o embasamento teórico obtido com o levantamento bibliográfico e documental foi o ponto de partida para elaboração e dimensionamento dos cenários de proteção por sprinklers nos depósitos.

Foram delineados dois cenários de proteção: no primeiro, a proteção prevista é conforme a NBR 10897:2014, IT-24/11 e NFPA-13; no segundo, a proteção é baseada na seção 2.3.6.6 da FM Global – Norma Técnica de Prevenção de Perdas Patrimoniais 8-9: Armazenagem de Mercadorias Classes 1, 2, 3, 4 e plásticos.

Os cenários de proteção, dimensionamentos, lista de materiais e comparação dos resultados serão apresentados nos capítulos a seguir. Posteriormente, são apresentadas conclusões e esclarecimentos, indicando a viabilidade da solução. Para efeito de estudo, o projeto, o dimensionamento e o levantamento de dados dos cenários foi delineado considerando uma VGA com área de 3.700 m² e estes valores foram extrapolados para 14 VGAs, que seriam aproximadamente a quantidade necessária em um galpão de 45.000 m². Foi considerado que todas as unidades terão configuração e tamanhos iguais, então foi possível utilizar a técnica da extrapolação. Graças a esta metodologia, foi possível, durante o desenvolvimento, verificar que em cada

cenário existem dois subcenários, tendo em vista que há diferença no comparativo de custos entre um galpão pequeno (3.700 m²) e em um galpão médio ou grande (45.000 m²).

Durante a pesquisa, também foi possível entender que a solução baseada na FM Global permite aumentar consideravelmente a altura de estocagem do galpão sem aumento significativo de custos.

5 – DESENVOLVIMENTO

Nesta seção serão apresentados os dois cenários de proteção por sprinklers em um depósito de armazenagem. No primeiro, a proteção prevista é conforme a NBR 10897:2014, IT-24/11 e NFPA-13. No segundo, a proteção é baseada na seção 2.3.6.6 da FM Global – Norma Técnica de Prevenção de Perdas Patrimoniais 8-9: Armazenagem de Mercadorias Classes 1, 2, 3, 4 e plásticos. Em ambos os casos, o projeto e dimensionamento dos sistemas foram elaborados tentando atingir o menor custo possível, tanto para materiais quanto para mão de obra.

5.1 DESENVOLVIMENTO DO CENÁRIO 1

5.1.1 CRITÉRIOS DE PROJETO E DIMENSIONAMENTO

Considerando o contexto apresentado, o galpão possui altura de estocagem de 13,1 m e altura de telhado de 14,6 m, sendo protegido por sprinklers do tipo ESFR no telhado. Tanto a NFPA-13 quanto a IT-24/11 têm previsão apenas para proteção deste tipo de galpão com altura de telhado de até 13,7 m, contudo ambas as normas não restringem o uso de novas tecnologias ou metodologias de proteção desde que devidamente comprovadas. Com base no exposto, o Corpo de Bombeiros publicou a Consulta Técnica a CT-CCB-020/600/13, que permite a utilização de bico ESFR K25,2, de aplicação específica para telhados com altura de até 14,6 m, com mercadorias de Classe I a IV e plásticos não expandidos em caixas de papelão. Os critérios de dimensionamento são estabelecidos pelo catálogo do fabricante, os quais são baseados nos resultados dos testes de certificação do bico.

O catálogo do bico ESFR K25 Tyco, modelo TY9226, estabelece como parâmetros mínimos:

- Área máxima de cobertura do sprinkler: 9,3 m²
- Área mínima de cobertura do sprinkler: 5,8 m²
- Inclinação máxima do teto: 16,7%
- Espaçamento máximo: 3,1 m
- Espaçamento mínimo: 2,4 m
- Temperatura nominal: 101 °C
- Distância do defletor até a parede: mínimo de 102 mm das paredes, mas não mais do que metade da distância permitida entre sprinklers

– Distância do defletor ao topo da armazenagem: mínima de 914 mm– Distância do defletor ao teto: 152 a 356 mm

- Altura máxima de teto: 14,6 m
- Altura máxima de armazenamento: 13,1 m
- Arranjo de armazenamento: paletizado, pilha sólida, porta-páletes simples, duplos ou múltiplos– Mercadoria: plástico não expandido em caixas de papelão e Classe I a IV

– Projeto do sistema de sprinkler: NFPA 13 para sprinklers ESFR com base em 3,1 bar de pressão de projeto a 640 lpm, com área remota de 12 sprinklers, sendo 4 bicos em 3 ramaisTambém deve ser computada a alimentação do sistema de hidrantes. Por não ser foco do trabalho, este sistema não será abordado, entretanto serão computadas a vazão e reserva de incêndios mínimas exigidas para este sistema. A IT-22/11 estabelece que a vazão mínima para hidrantes é de 1200 lpm e a reserva de incêndio mínima é de 48 m³ para uma edificação com 3.700 m³ e 120 m³ considerando uma edificação J4 com 45.000 m³ (CORPO DE BOMBEIROS DO ESTADO DE SÃO PAULO, 2011).

Para a reserva de incêndio do sistema de sprinklers, o volume deverá ser determinado com base na vazão do sistema, por um tempo de funcionamento de 60 minutos (NFPA, 2016).

5.1.2 RESULTADOS DO CENÁRIO 1

O cenário 1 foi concebido considerando o sistema instalado no teto, sendo previstos sprinklers ESFR K360(25) Tyco TY9226, atendendo aos parâmetros indicados na seção anterior. Após o desenvolvimento do projeto e dimensionamento hidráulico, foram determinados os diâmetros dos tubos de alimentação, coluna de alimentação (VGA), subgerais e ramais, bem como a pressão e vazão requeridas para determinação das características da bomba.

O projeto e dimensionamento hidráulico poderão ser verificados no Anexo A deste documento.

Na tabela 1, pode ser encontrado um resumo dos parâmetros deste cenário.

Tabela 1 – Resumo do cenário 1

CENÁRIO 1	SISTEMA NO TELHADO	
TIPO DE BICO	K360 (25) TYCO TY9226 SPEC APP	
PARÂMETRO	12 BICOS @ mínimo 3.1 BAR / 640 LPM	
	HIDRANTES COM 1200 LPM – IT-22/11	
PRESSÃO REQUERIDA	9,27	bar
VAZÃO REQUERIDA	8974,13	lpm
PRESSÃO DA BOMBA	9,5	bar
VAZÃO DA BOMBA	9000	lpm
Ø ALIMENTAÇÃO	200	mm
Ø VGA (RISER)	150	mm
Ø SUBGERAL FRENTE	150	mm
Ø SUBGERAL FUNDO	100	mm
Ø RAMAIS	65	mm
RESERVA DE INCÊNDIO	Vazão do sprinkler – 7774,13 lpm operando por 60 minutos: 466.447,80 litros	
	HIDRANTES: 48.000 l (3.700 m ²) e 120.000 l (45.000 m ²)	
	466.447,80 + 48.000,00	= 514.447,8 litros
	466.447,80 + 120.000,00	= 586.447,8 litros

Fonte: elaboração do autor.

5.1.3 LISTA DE MATERIAIS PARA EXECUÇÃO

Como resultado deste cenário, podem ser listados materiais, com base no dimensionamento do sistema. Como já abordado na seção de metodologia, para efeito de estudo de caso, foi projetada e calculada a proteção para uma área de aproximadamente 3.700 m² que corresponde à área máxima controlada por uma VGA e foi aplicada a extração para 14 VGAs, que seriam aproximadamente o necessário para um galpão de 45.000 m². Portanto, foram estudados dois subcenários, sendo um deles para um galpão de 3.700 m² e outro de 45.000 m². Importante ressaltar que, independentemente do tamanho da edificação, o volume da reserva de incêndio para sprinklers e a vazão da bomba permanecem os mesmos, pois o dimensionamento sempre é feito com a mesma quantidade de bicos. A pressão nominal da bomba também foi considerada a mesma, pois, com um sistema de alimentação em anel, as pressões de alimentação se equilibram, oferecendo pequenas variações que podem ser desconsideradas neste estudo de caso. As quantidades dos demais componentes foram ajustadas para corresponder ao aumento da quantidade de VGAs. Adiante estes resultados serão analisados e comparados. Todos valores dos materiais e da mão de obra foram obtidos com empresas do ramo. As listas de materiais podem ser verificadas nas tabelas 2 e 3.

Tabela 2 – Lista de materiais – Subcenário 1 – Depósito com 3.700 m²

ESPECIFICAÇÃO	CENÁRIO 1			
	QUANTIDADE		VALOR UNITARIO	TOTAL
BOMBA 9,5 bar @ 9000 LPM	1	UNIDADES	R\$ 244.230,00	R\$ 244.230,00
BARRA 12 m TUBO AÇO PRETO SCH20 – ø200 mm	18	UNIDADES	R\$ 1.719,31	R\$ 30.947,62
BARRA 12 m TUBO AÇO PRETO SCH10 – ø150 mm	9	UNIDADES	R\$ 713,63	R\$ 6.422,65
BARRA 12 m TUBO AÇO PRETO SCH10 – ø100 mm	7	UNIDADES	R\$ 431,89	R\$ 3.023,24
BARRA 12 m TUBO AÇO PRETO SCH10 – ø65 mm	100	UNIDADES	R\$ 271,42	R\$ 27.141,60
ACOPLAMENTO RÍGIDO – ø200 mm	20	UNIDADES	R\$ 67,73	R\$ 1.354,60
ACOPLAMENTO RÍGIDO – ø150 mm	11	UNIDADES	R\$ 33,29	R\$ 366,19
ACOPLAMENTO RÍGIDO – ø100 mm	9	UNIDADES	R\$ 17,75	R\$ 159,75
ACOPLAMENTO RÍGIDO – ø65 mm	150	UNIDADES	R\$ 14,49	R\$ 2.173,50
VÁLVULA DE GOVERNO E ALARME – ø150 mm	1	UNIDADES	R\$ 4.910,00	R\$ 4.910,00
COTOVELO C/ RANHURA – ø200 mm	2	UNIDADES	R\$ 175,35	R\$ 350,70
COTOVELO C/ RANHURA – ø150 mm	1	UNIDADES	R\$ 62,58	R\$ 62,58
TÊ ø150 mm x ø65 mm	23	UNIDADES	R\$ 102,69	R\$ 2.361,87
TÊ ø100 mm x ø65 mm	23	UNIDADES	R\$ 51,98	R\$ 1.195,54
OUTLET ø65 mm x ø25 mm	368	UNIDADES	R\$ 34,34	R\$ 12.637,12
SPRINKLER TIPO ESFR, Ø1", 101 °C, K=360(25) TY9226 – Tyco – Specific Application	368	UNIDADES	R\$ 107,10	R\$ 39.412,80
Reservatório	515	m ³	R\$ 550,00	R\$ 283.250,00
Água	515	m ³	R\$ 17,46	R\$ 8.991,90
Mão de obra		-	-	R\$ 144.000,00
Total		-	-	R\$ 812.991,66

Fonte: elaboração do autor.

Tabela 3 – Lista de materiais – Subcenário 2 – Depósito com 45.000 m²

ESPECIFICAÇÃO	CENÁRIO 1			
	QUANTIDADE		VALOR UNITARIO	TOTAL
BOMBA 9,5 bar @ 9000 LPM	1	UNIDADES	R\$ 244.230,00	R\$ 244.230,00
BARRA 12 m TUBO AÇO PRETO SCH20 – ø200 mm	252	UNIDADES	R\$ 1.719,31	R\$ 433.266,62
BARRA 12 m TUBO AÇO PRETO SCH10 – ø150 mm	126	UNIDADES	R\$ 713,63	R\$ 89.917,13
BARRA 12 m TUBO AÇO PRETO SCH10 – ø100 mm	98	UNIDADES	R\$ 431,89	R\$ 42.325,42
BARRA 12 m TUBO AÇO PRETO SCH10 – ø65 mm	1400	UNIDADES	R\$ 271,42	R\$ 379.982,40
ACOPLAMENTO RÍGIDO – ø200 mm	280	UNIDADES	R\$ 67,73	R\$ 18.964,40
ACOPLAMENTO RÍGIDO – ø150 mm	154	UNIDADES	R\$ 33,29	R\$ 5.126,66
ACOPLAMENTO RÍGIDO – ø100 mm	126	UNIDADES	R\$ 17,75	R\$ 2.236,50
ACOPLAMENTO RÍGIDO – ø65 mm	2100	UNIDADES	R\$ 14,49	R\$ 30.429,00
VÁLVULA DE GOVERNO E ALARME – ø150 mm	14	UNIDADES	R\$ 4.910,00	R\$ 68.740,00
COTOVELO C/ RANHURA – ø200 mm	28	UNIDADES	R\$ 175,35	R\$ 4.909,80
COTOVELO C/ RANHURA – ø150 mm	14	UNIDADES	R\$ 62,58	R\$ 876,12
TÊ ø150 mm x ø65 mm	322	UNIDADES	R\$ 102,69	R\$ 33.066,18
TÊ ø100 mm x ø65 mm	322	UNIDADES	R\$ 51,98	R\$ 16.737,56
OUTLET ø65 mm x ø25 mm	5152	UNIDADES	R\$ 34,34	R\$ 176.919,68
SPRINKLER TIPO ESFR, ø1", 101°C, K=360 (25) TY9226 – Tyco – Specific Application	5152	UNIDADES	R\$ 107,10	R\$ 551.779,20
Reservatório	587	m ³	R\$ 550,00	R\$ 322.850,00
Água	587	m ³	R\$ 17,46	R\$ 10.249,02
Mão de obra		-	-	R\$ 1.575.000,00
Total		-	-	R\$ 4.007.605,69

Fonte: elaboração do autor (2013).

5.2 DESENVOLVIMENTO DO CENÁRIO 2

5.2.1 CRITÉRIOS DE PROJETO E DIMENSIONAMENTO

Considerando o contexto apresentado, o galpão possui altura de estocagem de 13,1 m e altura de telhado de 14,6 m, sendo protegido por sprinklers do tipo ESFR no telhado e em um nível do porta-páletes. Para esta proteção, devem ser seguidos os parâmetros estabelecidos pela seção 2.3.6.6 da Norma Técnica 8-9 da FM Global, que são descritos a seguir.

A proteção consiste em um sistema instalado no telhado, em condições análogas ao cenário 1, pois as diretrizes para o telhado são as mesmas. A diferença neste caso é que, para determinar a altura de proteção, deve ser considerado o nível de sprinklers nos porta-páletes como um piso virtual, conforme pode ser verificado figura 20.

Figura 20 – Definição da altura do teto

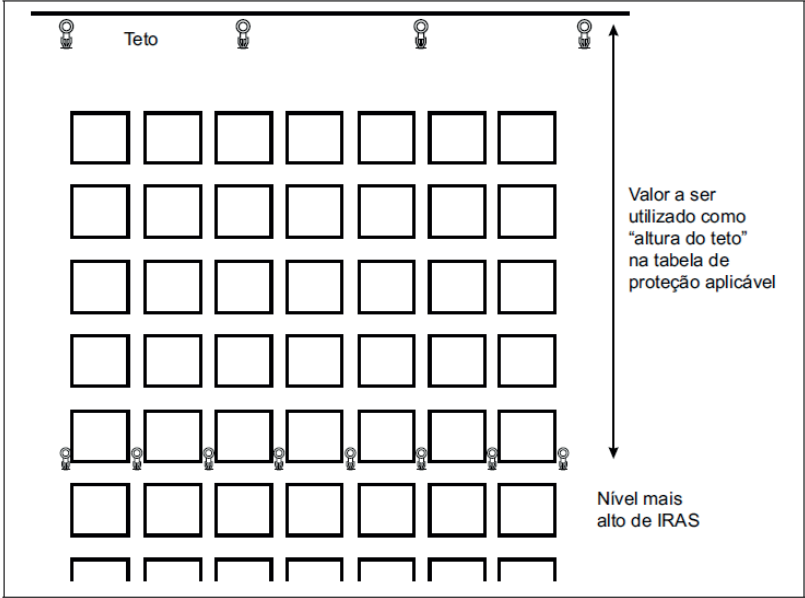


Fig. 22. Definição da altura do teto na tabela de proteção aplicável

Fonte: FM Global.

Ou seja, será instalado um nível de sprinklers nos porta-páletes a uma altura de 9 m do piso, portanto a altura a ser considerada para os bicos do teto é de 5,6 m. A figura 21 indica os critérios de dimensionamento para os bicos de teto. Foi destacado em azul o parâmetro utilizado para o estudo.

Figura 21 – Diretrizes para dimensionamento do sistema no telhado

Altura máxima do teto, m (ft)	Sistema de tubulação molhada, sprinklers pendentes, 70°C (160°F)										Sistema de tubulação molhada, sprinklers em pé, 70°C (160°F)										Sistema de tubulação seca, sprinklers em pé, 140°C (280°F)									
	Resposta rápida					Resposta normal					Resposta rápida					Resposta normal					Resposta rápida					Resposta normal				
	K160 (K14.0)	K200 (K16.8)	K240 (K22.4)	K360 (K25.2EC)	K360EC (K25.2EC)	K160 (K11.2)	K200 (K14.0)	K280 (K19.6)	K360 (K25.2)	K160 (K11.2)	K200 (K14.0)	K240 (K16.8)	K360EC (K25.2EC)	K160 (K11.2)	K240 (K16.8)	K360 (K25.2)	K160 (K11.2)	K240 (K16.8)	K280 (K19.6)	K360 (K25.2)	K160 (K11.2)	K240 (K16.8)	K280 (K19.6)	K360 (K25.2)	K160 (K11.2)	K240 (K16.8)	K280 (K19.6)	K360 (K25.2)		
4,5 (15)	20 a 0,5 (7)	12 a 3,5 (50)	12 a 2,4 (35)	12 a 1,4 (20)	12 a 1,4 (20)	6 a 1,7 (25)	20 a 0,5 (7)	20 a 0,5 (7)	12 a 1,1 (16)	12 a 0,5 (7)	20 a 0,5 (7)	12 a 3,5 (50)	12 a 2,4 (35)	6 a 1,7 (25)	20 a 0,5 (7)	20 a 0,5 (7)	12 a 1,4 (20)	25 a 0,5 (7)	25 a 0,5 (7)	20 a 2,1 (30)	20 a 0,5 (7)	20 a 0,5 (7)	20 a 0,5 (7)	20 a 0,5 (7)	20 a 0,5 (7)	20 a 0,5 (7)	20 a 0,5 (7)	20 a 0,5 (7)		
6,0 (20)	15 a 1,7 (25)	12 a 3,5 (50)	12 a 2,4 (35)	12 a 1,4 (20)	12 a 1,4 (20)	6 a 1,7 (25)	15 a 1,7 (25)	15 a 1,0 (15)	12 a 1,1 (16)	12 a 0,5 (7)	15 a 1,7 (25)	12 a 3,5 (50)	12 a 2,4 (35)	6 a 1,7 (25)	15 a 1,7 (25)	15 a 1,0 (15)	12 a 1,4 (20)	20 a 1,0 (15)	20 a 1,0 (15)	20 a 2,1 (30)	20 a 1,0 (15)	20 a 1,0 (15)	20 a 1,0 (15)	20 a 1,0 (15)	20 a 1,0 (15)	20 a 1,0 (15)	20 a 1,0 (15)	20 a 1,0 (15)		
7,5 (25)	15 a 3,5 (50)	12 a 3,5 (50)	12 a 2,4 (35)	12 a 1,4 (20)	12 a 1,4 (20)	6 a 1,7 (25)	15 a 3,5 (50)	15 a 2,4 (35)	12 a 1,1 (16)	12 a 0,7 (10)	15 a 3,5 (50)	12 a 3,5 (50)	12 a 2,4 (35)	6 a 1,7 (25)	15 a 3,5 (50)	15 a 1,5 (22)	12 a 1,4 (20)	20 a 3,5 (50)	20 a 1,5 (22)	20 a 2,1 (30)	20 a 1,5 (22)	20 a 1,5 (22)	20 a 1,5 (22)	20 a 1,5 (22)	20 a 1,5 (22)	20 a 1,5 (22)	20 a 1,5 (22)	20 a 1,5 (22)		
9,0 (30)		12 a 3,5 (50)	12 a 2,4 (35)	12 a 1,4 (20)	12 a 1,4 (20)	6 a 2,1 (30)			12 a 1,1 (16)	12 a 0,7 (10)		12 a 3,5 (50)	12 a 2,4 (35)	6 a 2,1 (30)			12 a 1,4 (20)			30 a 1,7 (25)	25 a 2,1 (30)							25 a 2,1 (30)		
10,5 (35)		12 a 5,2 (75)	12 a 3,5 (50)	12 a 2,1 (30)	12 a 2,1 (30)	6 a 4,1 (60)			15 a 1,7 (25)	12 a 2,1 (30)		12 a 5,2 (75)	12 a 3,5 (50)	8 a 2,8 (40)																
12,0 (40)		12 a 5,2 (75)	12 a 3,5 (50)	12 a 2,1 (30)	12 a 2,1 (30)					12 a 2,1 (30)																				
13,5 (45)				12 a 3,5 (50)	12 a 3,5 (50)																									

Fonte: FM Global.

Assim, devem ser calculados 12 bicos K14(202) a uma pressão mínima de 3,5 bar. Importante destacar que, conforme a tabela 21, esta pressão de trabalho pode ser utilizada até uma altura de 9 m, sendo assim, o conceito deste estudo pode ser aplicado a galpões com altura de até 18 m, considerando o nível de sprinklers no porta-pálete a 9 m (piso virtual) e mais 9 m até o telhado, ainda utilizando a pressão de 3,5 bar.

O sistema a ser previsto no porta-páletes deve seguir a configuração indicada na figura 22. Os sprinklers devem ser instalados dentro da projeção da estrutura porta-páletes a ser protegida. A tubulação e os sprinklers devem ser instalados de tal forma a evitar danos mecânicos e garantir a correta distribuição da água. Deve ser mantida uma distância vertical mínima de 150 mm entre o topo da carga e o defletor do sprinkler no porta-pálete (FM GLOBAL, 2015).

Figura 22 – Distribuição dos bicos no porta-páletes

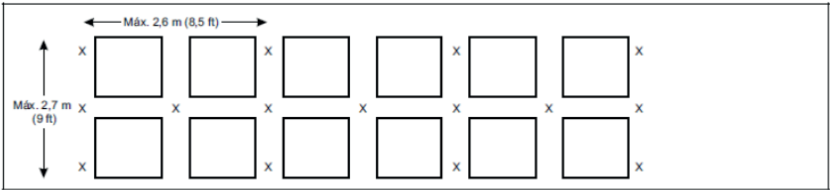


Fig. 20a. Vista em planta de uma configuração alternativa de sprinklers de nível intermediário para estruturas porta-paletes duplas com profundidade de até 2,7 m (9 ft)

Fonte: FM Global.

A quantidade de bicos para o dimensionamento e as vazões mínimas nos bicos devem seguir as figuras 23 e 24. Em azul estão destacados os parâmetros utilizados para este estudo.

Figura 23 – Vazão mínima dos bicos de nível intermediário

Tabela 16 Vazão mínima no projeto de sprinklers de nível intermediário

<i>Máx. Instalação vertical de sprinklers de nível intermediário, m (ft)</i>	<i>Tipo de mercadoria</i>	<i>Fator K mín.</i>	<i>Vazão mín. no sprinkler de nível intermediário mais remoto L/min (gpm)</i>
9,0 (30)	Mercadorias Classes 1 a 4 e plásticos não expandidos em caixas de papelão	200 (14,0)	250 (65)
	Plástico expandido em caixas de papelão	200 (14,0)	380 (100)
	Plásticos sem caixas de papelão	320 (22,4)	455 (120)
12 (40)	Mercadorias Classes 1 a 4 e plásticos não expandidos em caixas de papelão	320 (22,4)	455 (120)

Fonte: FM Global.

Figura 24 – Quantidade de sprinklers para cálculo

Tabela 15. Número de sprinklers no projeto de sprinklers de nível intermediário

<i>Figura utilizada na instalação de sprinklers de nível intermediário</i>	<i>Número de sprinklers no projeto de sprinklers de nível intermediário</i>	
	<i>Mercadorias Classes 1 a 4 e plásticos em caixas de papelão</i>	<i>Plásticos sem caixas de papelão</i>
Estruturas porta-paletes simples com profundidade de até 0,9 m (3 ft) (Fig. 19a)	4	4
Estruturas porta-paletes simples com profundidade de até 1,8 m (6 ft) (Fig. 19b)	5	5
Estruturas porta-paletes simples com profundidade de até 1,8 m (6 ft) encostadas em parede (19b)	5	5
Estruturas porta-paletes duplas com profundidade de até 2,7 m (9 ft) (Fig. 20a)	6	5 e 5*
Estruturas porta-paletes duplas com profundidade de até 3,6 m (12 ft) (Fig. 20b)	6	5 e 5*
Estruturas porta-paletes múltiplas (Fig. 21)	6	5 e 5*

Fonte: FM Global.

Para dimensionamento da reserva de incêndio, deve ser considerada a vazão calculada do sistema de sprinklers com a adição de 950 lpm dedicada para o sistema de hidrantes. Não é necessário balancear a rede do teto com a rede no porta-páletes e também não se deve considerar que elas irão operar simultaneamente (FM GLOBAL, 2015). Então, deve-se calcular cada uma delas separadamente, verificar qual obtém a maior demanda e prever o funcionamento por 60 minutos.

5.2.2 RESULTADOS DO CENÁRIO 2

O cenário 2 foi concebido considerando o sistema instalado no teto e em um nível de porta-páletes, na cota 9 m, sendo previstos sprinklers ESFR K202(14), atendendo aos parâmetros indicados na seção anterior. Após o desenvolvimento do projeto e dimensionamento hidráulico, foram determinados os diâmetros dos tubos de alimentação, coluna de alimentação (VGA), subgerais e ramais, bem como a pressão e vazão requeridas para determinação das características da bomba.

O projeto e dimensionamento hidráulico poderão ser conferidos no Anexo B deste documento.

A tabela 4 apresenta o resumo dos parâmetros deste cenário.

Tabela 4 – Resumo do cenário 2

CENÁRIO 2	TELHADO		IN-RACK	
TIPO DE BICO	K202(14)		K202(14)	
PARÂMETRO	12 BICOS @ 3,5 BAR / 374, 17 LPM		6 BICOS @ 1,56 BAR / 250 LPM	
	HIDRANTES COM 950 lpm		HIDRANTES COM 950 lpm	
PRESSÃO REQUERIDA	8,17	bar	8,1	bar
VAZÃO REQUERIDA	5468,95	lpm	2458,45	lpm
PRESSÃO BOMBA	8,4	bar	8,4	bar
VAZÃO BOMBA	5500	lpm	5500	lpm
Ø ALIMENTAÇÃO	200	mm	200	mm
Ø VGA (RISER)	150	mm	100	mm
Ø SUBGERAL FRENTE	100	mm	65	mm
Ø SUBGERAL FUNDO	100	mm	65	mm
Ø RAMAIS	50	mm	50	mm
RESERVA DE INCÊNDIO	MAIOR VAZÃO: TETO FUNCIONAMENTO 60 MINUTOS			
	5468,95	X 60 MI- NUTOS =	328.137,00	LITROS

Fonte: elaboração do autor.

5.2.3 LISTA DE MATERIAIS PARA EXECUÇÃO

Como resultado deste cenário, pode ser verificada a lista de materiais, com base no dimensionamento do sistema. Como já abordado na seção de metodologia, para efeito de estudo de caso, foi projetada e calculada a proteção para uma área de aproximadamente 3.700 m², que corresponde à área máxima controlada por uma VGA, e foi aplicada a extrapolação para 14 VGAs, que seriam aproximadamente o necessário para um galpão de 45.000 m². Portanto, foram estudados dois subcenários, um deles para um galpão de 3.700 m² e outro de 45.000 m². Importante ressaltar que, independentemente do tamanho da edificação, os volumes da reserva de incêndio e vazão da bomba permanecem os mesmos, pois o dimensionamento sempre é feito com a mesma quantidade de bicos.

A pressão nominal da bomba também foi considerada a mesma, pois, com um sistema de alimentação em anel, as pressões de alimentação se equilibram, oferecendo pequenas variações que podem ser desconsideradas neste estudo de caso. As quantidades dos demais componentes foram ajustadas para corresponder ao aumento da quantidade de VGAs. Adiante estes resultados serão analisados e comparados. Todos os valores dos materiais e da mão de obra foram obtidos com empresas do ramo. As tabelas 5 e 6 mostram as listas de materiais.

Tabela 5 – Lista de materiais – Subcenário 1 – Depósito com 3.700 m²

ESPECIFICAÇÃO	CENÁRIO 2			
	QUANTIDADE		VALOR UNITARIO	TOTAL
BOMBA 8,4 bar @ 5500 LPM	1	UNIDADES	R\$ 199.500,00	R\$ 199.500,00
BARRA 12 m TUBO AÇO PRE-TO SCH20 – ø200 mm	18	UNIDADES	R\$ 1.719,31	R\$ 30.947,62
BARRA 12 m TUBO AÇO PRE-TO SCH10 – ø150 mm	3	UNIDADES	R\$ 713,63	R\$ 2.140,88
BARRA 12 m TUBO AÇO PRE-TO SCH10 – ø100 mm	15	UNIDADES	R\$ 431,89	R\$ 6.478,38
BARRA 12 m TUBO AÇO PRE-TO SCH10 – ø65 mm	9	UNIDADES	R\$ 271,42	R\$ 2.442,74
BARRA 12 m TUBO AÇO PRE-TO SCH10 – ø50 mm	168	UNIDADES	R\$ 202,79	R\$ 34.068,38
ACOPLAMENTO RÍGIDO – ø200 mm	20	UNIDADES	R\$ 67,73	R\$ 1.354,60
ACOPLAMENTO RÍGIDO – ø150 mm	5	UNIDADES	R\$ 33,29	R\$ 166,45
ACOPLAMENTO RÍGIDO – ø100 mm	17	UNIDADES	R\$ 17,75	R\$ 301,75
ACOPLAMENTO RÍGIDO – ø65 mm	11	UNIDADES	R\$ 14,49	R\$ 159,39
ACOPLAMENTO RÍGIDO – ø50 mm	240	UNIDADES	R\$ 10,82	R\$ 2.596,80
VÁLVULA DE GOVERNO E ALARME – ø150 mm	1	UNIDADES	R\$ 4.910,00	R\$ 4.910,00
VÁLVULA DE GOVERNO E ALARME – ø100 mm	1	UNIDADES	R\$ 4.737,00	R\$ 4.737,00
COTOVELO C/ RANHURA – ø200 mm	2	UNIDADES	R\$ 175,35	R\$ 350,70
COTOVELO C/ RANHURA – ø150 mm	1	UNIDADES	R\$ 62,58	R\$ 62,58
COTOVELO C/ RANHURA – ø100 mm	2	UNIDADES	R\$ 34,13	R\$ 68,26
TÊ ø100 mm x ø50 mm	46	UNIDADES	R\$ 51,98	R\$ 2.391,08
OUTLET ø50 mm x ø20 mm (3/4")	368	UNIDADES	R\$ 7,77	R\$ 2.859,36
TÊ ø65 mm x ø50 mm	66	UNIDADES	R\$ 27,30	R\$ 1.801,80
TÊ ø65 mm x ø100 mm	1	UNIDADES	R\$ 173,25	R\$ 173,25

SPRINKLER TIPO ESRF, Ø3/4", 68 °C, K=200(14) TY6236 – Tyco	918	UNIDADES	R\$ 46,52	R\$ 42.705,36
Reservatório	329	m³	R\$ 550,00	R\$ 180.950,00
Água	329	m³	R\$ 17,46	R\$ 5.744,34
Mão de obra		-	-	R\$ 187.200,00
Total				R\$ 714.110,73

Fonte: elaboração do autor.

Tabela 6 – Lista de materiais – Subcenário 2 – Depósito com 45.000 m²

ESPECIFICAÇÃO	CENÁRIO 2			
	QUANTIDADE		VALOR UNITARIO	TOTAL
BOMBA 8,4 bar @ 5500 LPM	1	UNIDADES	R\$ 199.500,00	R\$ 199.500,00
BARRA 12 m TUBO AÇO PRETO SCH20 – ø200 mm	252	UNIDADES	R\$ 1.719,31	R\$ 433.266,62
BARRA 12 m TUBO AÇO PRETO SCH10 – ø150 mm	42	UNIDADES	R\$ 713,63	R\$ 29.972,38
BARRA 12 m TUBO AÇO PRETO SCH10 – ø100 mm	210	UNIDADES	R\$ 431,89	R\$ 90.697,32
BARRA 12 m TUBO AÇO PRETO SCH10 – ø65 mm	126	UNIDADES	R\$ 271,42	R\$ 34.198,42
BARRA 12 m TUBO AÇO PRETO SCH10 – ø50 mm	2352	UNIDADES	R\$ 202,79	R\$ 476.957,38
ACOPLAMENTO RÍGIDO – ø200 mm	280	UNIDADES	R\$ 67,73	R\$ 18.964,40
ACOPLAMENTO RÍGIDO – ø150 mm	70	UNIDADES	R\$ 33,29	R\$ 2.330,30
ACOPLAMENTO RÍGIDO – ø100 mm	238	UNIDADES	R\$ 17,75	R\$ 4.224,50
ACOPLAMENTO RÍGIDO – ø65 mm	154	UNIDADES	R\$ 14,49	R\$ 2.231,46
ACOPLAMENTO RÍGIDO – ø50 mm	3360	UNIDADES	R\$ 10,82	R\$ 36.355,20
VÁLVULA DE GOVERNO E ALARME – ø150 mm	14	UNIDADES	R\$ 4.910,00	R\$ 68.740,00

VÁLVULA DE GOVERNO E ALARME – ø100 mm	14	UNIDADES	R\$ 4.737,00	R\$ 66.318,00
COTOVELO C/ RANHURA – ø200 mm	28	UNIDADES	R\$ 175,35	R\$ 4.909,80
COTOVELO C/ RANHURA – ø150 mm	14	UNIDADES	R\$ 62,58	R\$ 876,12
COTOVELO C/ RANHURA – ø100 mm	28	UNIDADES	R\$ 34,13	R\$ 955,64
TÊ ø100 mm x ø50 mm	644	UNIDADES	R\$ 51,98	R\$ 33.475,12
OUTLET ø50 mm x ø20 mm (3/4")	5152	UNIDADES	R\$ 7,77	R\$ 40.031,04
TÊ ø65 mm x ø50 mm	924	UNIDADES	R\$ 27,30	R\$ 25.225,20
TÊ ø65 mm x ø100 mm	14	UNIDADES	R\$ 173,25	R\$ 2.425,50
SPRINKLER TIPO ESFR, ø3/4", 68 °C, K=200(14) TY6236 – Tyco	12852	UNIDADES	R\$ 46,52	R\$ 597.875,04
Reservatório	329	m ³	R\$ 550,00	R\$ 180.950,00
Água	329	m ³	R\$ 17,46	R\$ 5.744,34
Mão de obra		-	-	R\$ 2.025.000,00
Total				R\$ 4.381.223,77

Fonte: elaboração do autor.

6 – ANÁLISE E COMPARAÇÃO DOS RESULTADOS

Nesta seção serão apresentados os comparativos entre os resultados obtidos, considerando os custos e a reserva de incêndio. Como exposto anteriormente, graças à metodologia utilizada no trabalho, foi possível criar dois cenários de proteção em galpões com tamanhos diferentes, um considerado pequeno, com 3.700 m², e outro de grande/médio porte, com 45.000,00 m².

6.1 DEPÓSITO COM 3.700 M²

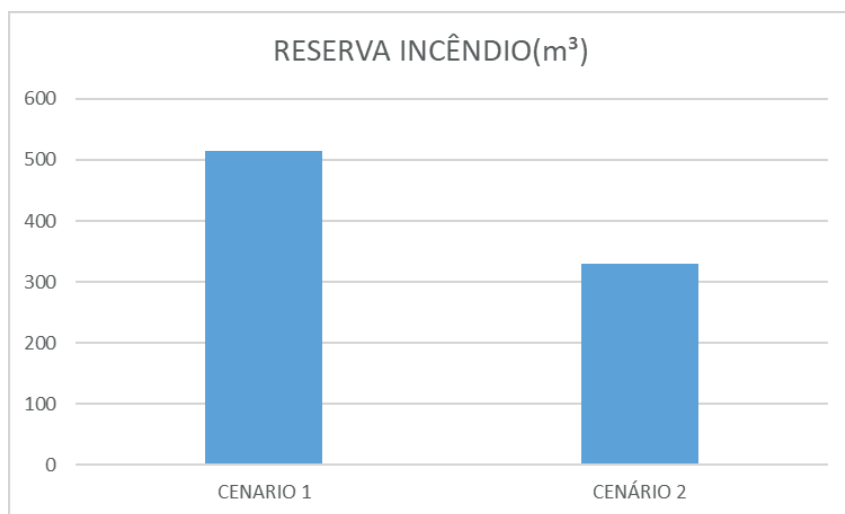
Por serem necessários sprinklers no teto e in-rack no cenário 2, a quantidade de material e mão de obra é superior à do cenário 1, entretanto os tubos são de bitolas menores, o conjunto de bomba possui especificações menores e os bicos utilizados têm custo inferior aos do cenário 1, ficando a solução do cenário 2 com custo 12,16% inferior ao do cenário 1. A reserva de incêndio também é inferior no cenário 2, sendo 36,12% menor, gerando diretamente na execução dos serviços uma economia de R\$ 98.880,93 e 186 m³ de água. A tabela 7 mostra um resumo dos resultados obtidos, e as figuras 25 e 26 apresentam os comparativos dos custos e das reservas de incêndios para cada cenário.

Tabela 7 – Resumo dos resultados – Galpão de 3.700 m²

DEPÓSITO COM 3.700 m ²				
	Cenário 1	CENÁRIO 2	DIFERENÇA	DIFERENÇA (%)
RESERVA INCÊNDIO (m ³)	515	329	-186	-36,12%
CUSTO	R\$ 812.991,66	R\$ 714.110,73	-R\$ 98.880,93	-12,16%

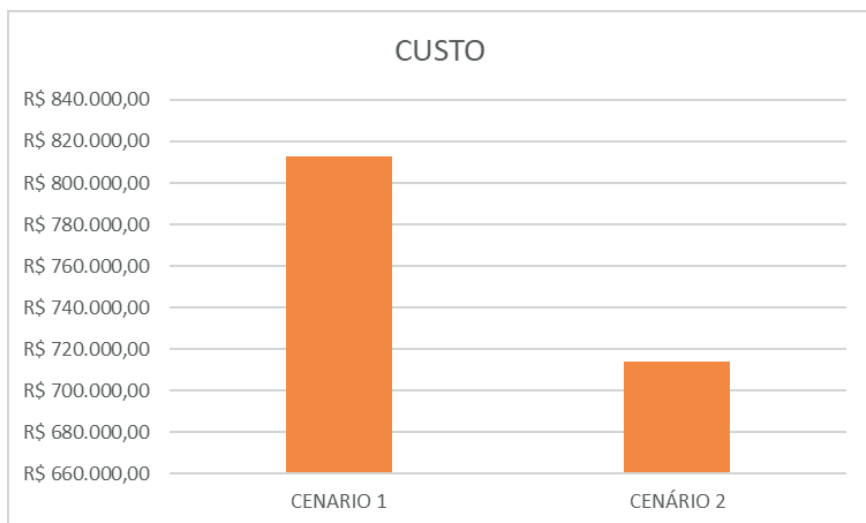
Fonte: elaboração do autor.

Figura 25 – Comparativo das reservas de incêndio



Fonte: elaboração do autor.

Figura 26 – Comparativo dos custos



Fonte: elaboração do autor.

6.2 DEPÓSITO COM 45.000 M²

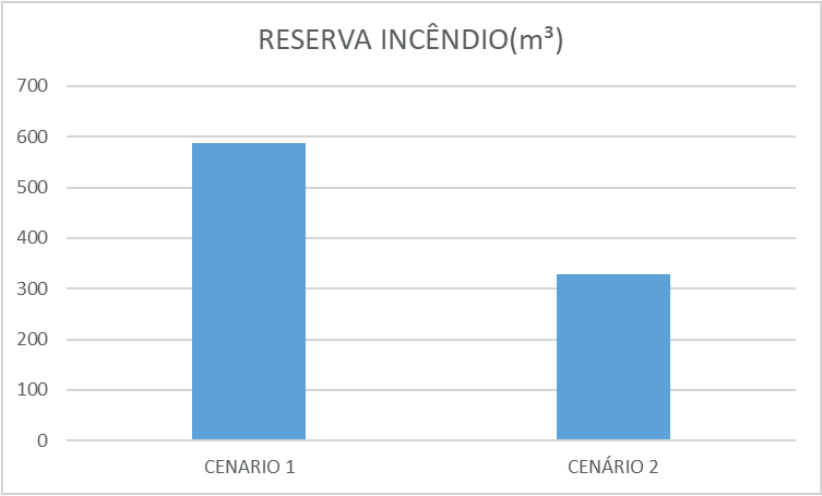
Quando se escala o tamanho do depósito, não há diferença quanto à economia de água, tendo em vista que, independentemente do tamanho do galpão, a vazão necessária calculada será sempre a mesma. Isto se deve ao fato de que o sistema é calculado para controlar ou suprimir o incêndio em seu princípio, por isso o tamanho da edificação é indiferente para determinar a reserva de incêndio. Neste caso, as características do conjunto de bombas também serão as mesmas. Ao aumentar o tamanho do depósito e consequentemente a quantidade de VGAs, pode ser verificada diferença nos fatores das quantidades de material e mão de obra em relação ao galpão menor. O cenário 2 se mostra 9,32% mais caro em relação ao cenário 1. A economia de água é de 43,95%. A tabela 8 mostra um resumo dos resultados obtidos e as figuras 27 e 28 apresentam os comparativos dos custos e das reservas de incêndios para cada cenário.

Tabela 8 – Resumo dos resultados – Galpão de 45.000 m²

DEPÓSITO COM 45.000 m²				
	CENÁRIO 1	CENÁRIO 2	DIFERENÇA	DIFERENÇA (%)
RESERVA INCÊNDIO (m³)	587	329	-258	-43,95%
CUSTO	R\$ 4.007.605,69	R\$ 4.381.223,77	R\$ 373.618,08	9,32%

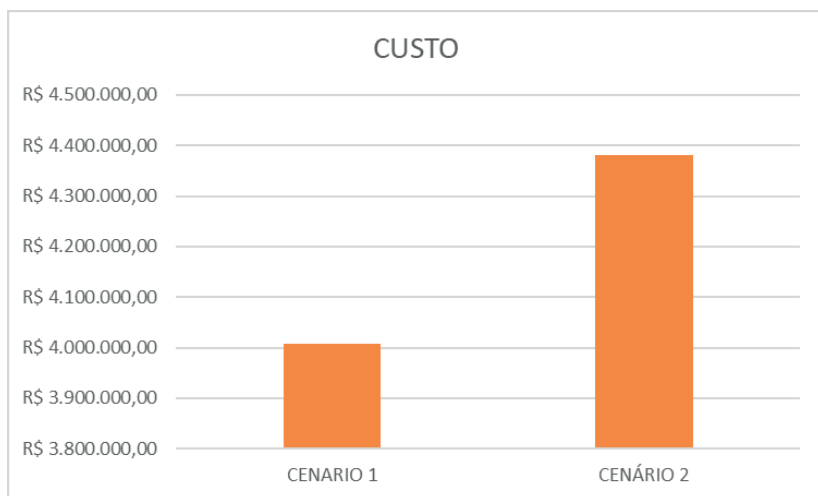
Fonte: elaboração do autor.

Figura 27 - Comparativo das Reservas de Incêndio



Fonte: elaboração do autor.

Figura 28 — Comparativo dos custos



Fonte: elaboração do autor.

6.3 RESERVATÓRIOS DE ÁGUA

Conforme as seções anteriores, a estimativa é que há 24.139 edificações com depósitos no Brasil onde o sistema de sprinklers é aplicável. As legislações em geral exigem que a higienização dos reservatórios seja feita com periodicidade anual. Durante o desenvolvimento do trabalho, foram gerados dois subcenários nos quais há uma diferença na economia da reserva de incêndio, sendo que, para um depósito de menor área, a economia é da ordem de 186 m³ e, para depósitos maiores, a economia é na ordem de 258 m³. Como não foi possível obter dados exatos sobre a quantidade de depósitos e suas áreas construídas, para estimativa será utilizada a média entre estes valores de economia, ou seja, 222 m³.

A OMS estabelece que o consumo mínimo de água por pessoa é de 100 litros por dia, suficientes para higiene, hidratação e preparação de alimentos, ou seja, em um ano seriam 36.500 litros ou 36,5 m³ (UNISINOS, 2013).

A tabela 9 resume os resultados de economia de água.

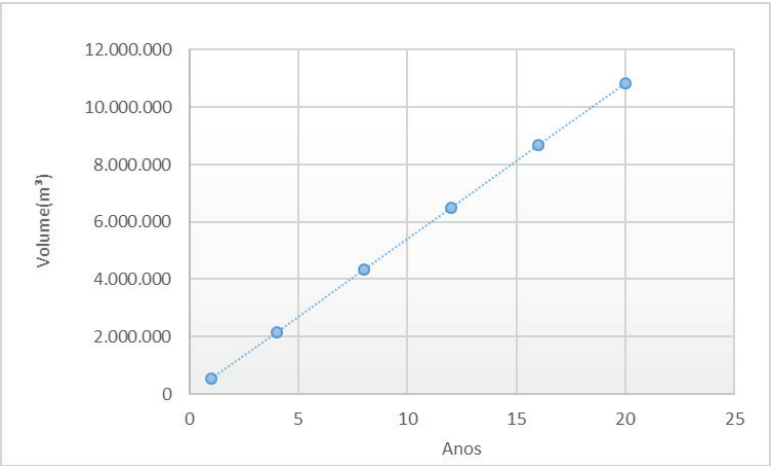
Tabela 9 – Resumo dos resultados de economia de água

Informação	Valor	Unidade
Quantidade de depósitos	2.439	unidades
Água economizada por depósito (média)	222	m³
Total economizado por ano	541.458	m³
Água consumida por ano por pessoa	36,5	m³
Quantidade de pessoas	14.834	pessoas

Fonte: elaboração do autor.

Portanto, com a água economizada apenas durante o processo de higienização dos reservatórios, poderiam ser alimentadas 14.834 pessoas por ano, o que corresponde à população de diversas cidades que sofrem todos os anos com o desabastecimento na região Nordeste do país. A figura 29 mostra um gráfico indicando a curva de economia ao longo de 20 anos.

Figura 29 – Curva de economia ao longo dos anos



Fonte: elaboração do autor.

7 – CONSIDERAÇÕES FINAIS E COMENTÁRIOS

É comprovado que o sistema de chuveiros automáticos (sprinklers) é eficaz no controle e/ou na supressão do incêndio em todos os tipos de edificações. No caso de depósitos, onde há uma grande carga de incêndio, este sistema se faz ainda mais necessário, visando reduzir ou eliminar a perda de vidas humanas e reduzir os danos patrimoniais. Como pode ser verificado neste estudo, utilizando a comparação entre os cenários, é possível prever o sistema e reduzir a quantidade de água armazenada e desperdiçada nos casos de manutenção obrigatória em reservatórios.

Não foi possível obter dados de quantas edificações com ocupação de depósito operam no Brasil sem a previsão de sprinklers; contudo, pensando na redução de custos e água, este estudo pode ser utilizado para conscientizar empresas que operam sem o sistema e desejam melhorar sua prevenção contra incêndios pensando inclusive na sustentabilidade ambiental.

No caso de depósitos pequenos, foi comprovado que o cenário 2, além de ser mais sustentável, ainda possui um custo inferior ao cenário 1, favorecendo o fomento à previsão deste sistema, inclusive em galpões existentes desprotegidos por sprinklers. Como há a redução das bitolas de tubos, conseqüentemente a carga das instalações no telhado é inferior, gerando menos impactos em telhados existentes onde essa sobrecarga não foi prevista e também possibilitando soluções mais baratas para execução de novos telhados. Para os depósitos de médio e grande porte, foi devidamente justificada a redução no consumo de água; entretanto, nestes casos, o custo da execução é relativamente maior, na ordem de 10%. Este investimento é justificável, tendo em vista o grande benefício ao meio ambiente com

o racionamento da água, que é um bem cada vez mais escasso em nosso planeta.

Por ser um estudo de caso, houve a necessidade de se estabelecer um contexto para efetivar a comparação entre cenários, mas a solução utilizada para o cenário 2 pode ser aplicada em galpões com altura de telhado de até 18 m, apenas prevendo um pequeno reforço de pressão nas bombas para poder vencer a gravidade, na ordem de 0,4 bar, sendo praticamente insignificante para o custo final. Ou seja, o cenário 2 possui um custo 10% superior ao cenário 1, porém o volume de estocagem dos materiais pode ser aumentado em aproximadamente 20%, considerando a diferença na altura de estocagem sob um telhado de 14,6 m para 18 m.

8 – CONCLUSÃO

A situação apresentada no estudo tem natureza aplicada, pois já fez parte inclusive de casos ocorridos no cotidiano da empresa de um dos autores. Este documento poderá ser utilizado até mesmo para convencimento no setor público e privado para justificar o uso de solução alternativa, que está prevista em norma de empresa privada de seguros, porém ainda não previsto em normas brasileiras ou legislações estaduais de segurança contra incêndios. É importante a aplicabilidade voltada à redução de uso de água, que é um recurso natural usados muitas vezes de forma abusiva, sem o devido controle de desperdícios.

Dados os resultados, a economia de água prevista com a solução proposta no estudo não irá resolver o problema da escassez de água, mas pode ser considerada mais um artifício no controle do consumo.

Vale ressaltar também que a solução proposta permite aumentar em 20% o volume de estocagem sem impactar os custos de execução do sistema de sprinklers e mantendo o consumo de água reduzido em relação a uma instalação ordinária de sprinklers com bicos ESFR somente no teto.

Portanto, pode ser alcançada a solução para um depósito com maior altura de estocagem, menor custo e mais sustentabilidade.

Por fim, o presente estudo poderá servir como uma proposta de plano de ação para implantação da solução em empresas que possuam depósitos com armazenagem alta independentemente da exigência legal, voltado ao fomento e à cultura de proteção contra incêndios, bem como à conscientização dos órgãos fiscalizadores (Corpo de Bombeiros) a aceitar tal solução, pois permite o mesmo nível de segurança contra incêndios com o benefício da redução considerável no uso e desperdício da água.

Esta pesquisa pode contribuir e ser ponto de partida para futuros trabalhos, tendo em vista que abre uma oportunidade de discussão e evolução do assunto, considerando que os dados reais sobre a quantidade de depósitos existentes e protegidos por sprinklers não foram encontrados, sendo estimados por meio de hipótese.

REFERÊNCIAS

ABNT (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS). **Sistemas de proteção contra incêndio por chuveiros automáticos** — Requisitos: NBR 10897:2014. Rio de Janeiro: ABNT, 2014.

_____. **Proteção contra incêndio, por sistema de chuveiros automáticos, para áreas de armazenamento em geral** – Procedimento: NBR 13792/97. Rio de Janeiro: ABNT, 1997.

ALVENIUS. **Sistema Ranhurado**. Disponível em: <<http://www.alvenius.ind.br/sistemas-ranhurado.php>>. Acesso em: 12 set. 2017.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **Como elaborar normas**. Disponível em: <<http://www.abnt.org.br/normalizacao/elaboracao-e-participacao/como-se-elaboram>>. Acesso em: 23 ago. 2017

BOMBEIRO OSWALDO. Disponível em: <<http://bombeiroswaldo.blogspot.com.br/>>. Acesso em: 23 ago. 2017.

BUILDINGS. **O panorama do mercado de condomínios de galpões**. Disponível em: <<http://www.buildings.com.br/noticias/o-panorama-do-mercado-de-condominios-de-galpoes/>>. Acesso em: 18 out. 2017.

CONHECIMENTOS DA ARMAZENAGEM. Disponível em: <<http://conhecimentosdaarmazenagem.blogspot.com.br/p/estrutura-porta-palete.html>>. Acesso em: 18 set. 2017.

CONSTRUNORMAS. **Normas técnicas e de desempenho interpretadas para o profissional da construção civil**. Disponível em: <<http://www.construnormas.pini.com.br/engenharia-instalacoes/instalacoes-hidrossanitarias/chuveiros-automaticos-sprinklers-341227-1.aspx>>. Acesso em: 13 set. 2017

COOKSTONE. Disponível em: <<http://cookstone.com.br/pt/sales/packaging/>>. Acesso em: 23 ago. 2017.

CORPO DE BOMBEIROS DO ESTADO DE SÃO PAULO. **Regulamento de segurança contra incêndio das edificações e áreas de risco no estado de São Paulo**. São Paulo, 2011.

FM GLOBAL. Disponível em: <<http://www.fmglobal.com/>>. Acesso em: 23 ago. 2017.

_____. **Norma Técnica de Prevenção de Perdas Patrimoniais 8-9: Armazenagem de Mercadorias Classes 1, 2, 3, 4 e Plásticos: FM8-9**. Chepachet, RI: FM, 2015.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Demografia das Empresas**. Disponível em: <<https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/livros/liv98073.pdf>>. Acesso em: 18 out. 2017.

INSTITUTO HUMANITAS UNISINOS. **Consumo mínimo é de cem litros por dia.** Disponível em: <<http://www.ihu.unisinos.br/518665-consumo-minimo-e-de-cem-litros-por-dia>>. Acesso em: 19 out. 2017.

MIRANDA, Cap. PM Nilton. **Problemática da análise de projetos de segurança contra incêndio em edificações destinadas a depósitos que necessitam da proteção por chuveiros automáticos.** 2007. 125 f. Monografia (Curso de Aperfeiçoamento de Oficiais) – Centro de aperfeiçoamento e estudos superiores, Polícia Militar do Estado de São Paulo, 2007.

NATIONAL FIRE PROTECTION ASSOCIATION. **Standard for the Installation of Sprinkler Systems:** NFPA-13/16. Quincy, MA: NFPA, 2016.

PORTAL EDUCAÇÃO. **Centros de Distribuição na Cadeia Logística.** Disponível em: <<https://www.portaleducacao.com.br/conteudo/artigos/administracao/centros-de-distribuicao-na-cadeia-logistica/56621>>. Acesso em: 18 out. 2017.

RELIABLE. Disponível em: <<https://www.reliablesprinkler.com/>>. Acesso em: 30 ago. 2017.

SABESP. **Tarifas.** Disponível em: <<https://www9.sabesp.com.br/agenciavirtual/pages/tarifas/tarifas.iface>>. Acesso em 18. out. 2017.

SÃO PAULO. Lei nº 10.770, de 8 de novembro de 1989. **Dispõe sobre limpeza e conservação de caixas d'água e reservatórios no município de São Paulo, e dá outras providências,** São Paulo, SP, nov. 1989. Disponível em: <<https://leismunicipais.com.br/a/sp/s/sao-paulo/lei-ordinaria/1989/1077/10770/lei-ordinaria-n-10770-1989-dispoe-sobre-limpeza-e-conservacao-de-caixas-d-agua-e-reservatorios-no-municipio-de-sao-paulo-e-da-outras-providencias>>. Acesso em: 18 out. 2017.

SOLUÇÕES INDUSTRIAIS. Disponível em: <<http://www.solucoesindustriais.com.br/empresa/movimentacao-e-armazenagem/mevisa-meta/produtos/movimentacao-e-armazenagem/porta-pallet-1>>. Acesso em: 23 ago. 2017.

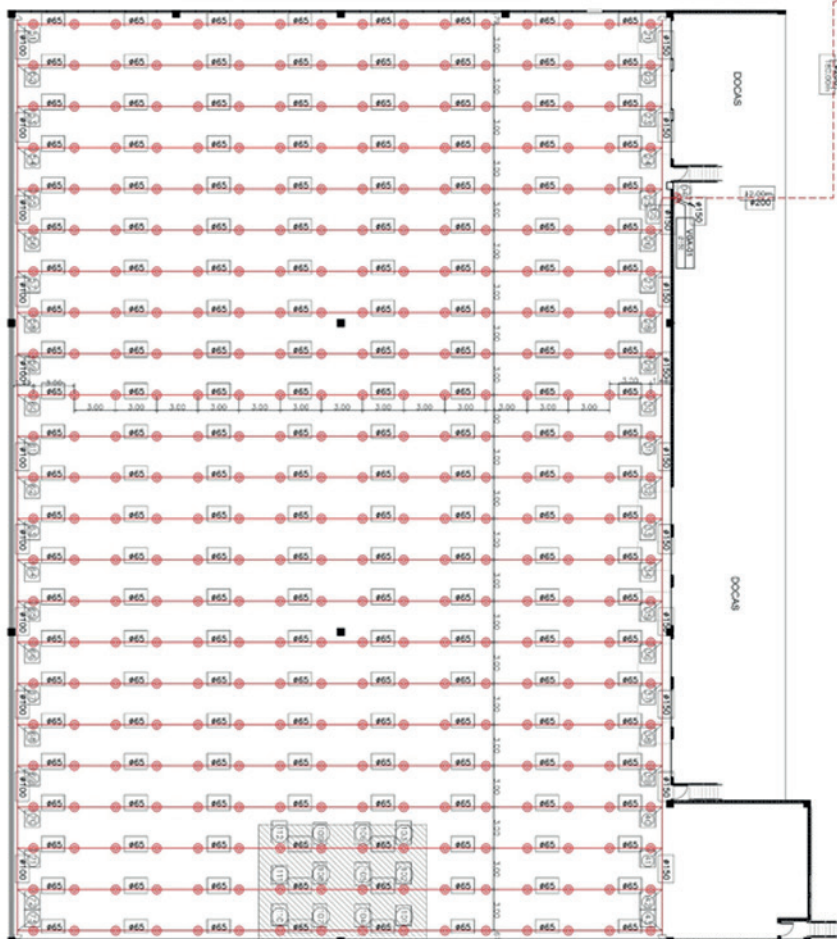
SUA PESQUISA. **Sustentabilidade.** Disponível em: <<http://www.suapesquisa.com/ecologiasaude/sustentabilidade.htm>>. Acesso em: 23 ago. 2017.

TYCO FIRE PROTECTION PRODUCTS. **Model ESFR-25 25.2 K-factor Pendent Sprinkler Early Suppression, Fast Response.** Disponível em: <http://www.tycofsbp.com/index.php?P=show&id=TFP312_07_2016&BK=product&SB=3120>. Acesso em 23. ago. 2017.

ANEXO A – PROJETO E DIMENSIONAMENTO – CENÁRIO 1

CENÁRIO 1 – TELHADO

LEGENDA	
	TUBO DE AÇO CARBONO PRETO
	VÁLVULA DE BLOQUEIO TIPO GAVETA OU ESFERA
	PONTOS DE CÁLCULO HIDRÁULICO
	VÁLVULA DE GOVERNO E ALARME
	BICO DE SPRINKLER PENDENTE, ESFR, K=360(25), 101°C



Hydraulic Calculations for

Project: TCC CENÁRIO 1
Drawing no.:
Date: 16/08/2017

Design

Remote area number: VGA-1
Remote area location: GALPÃO
Occupancy classification: high piled rack storage
Density:
Area of application: 108
Coverage per sprinkler: 9
Type of sprinklers calculated: TIPO ESFR, Ø1", 101°C, K=25 TY9226 - Tyco
No. of sprinklers calculated: 12
In rack demand:
Hose streams: none outside + 1200 inside
Total water required (including hose streams): 8974,13 lpm at 9,274 bar [0,236 bar safety margin]
Type of system: wet pipe
Volume of dry or preaction system:

Water Supply Information

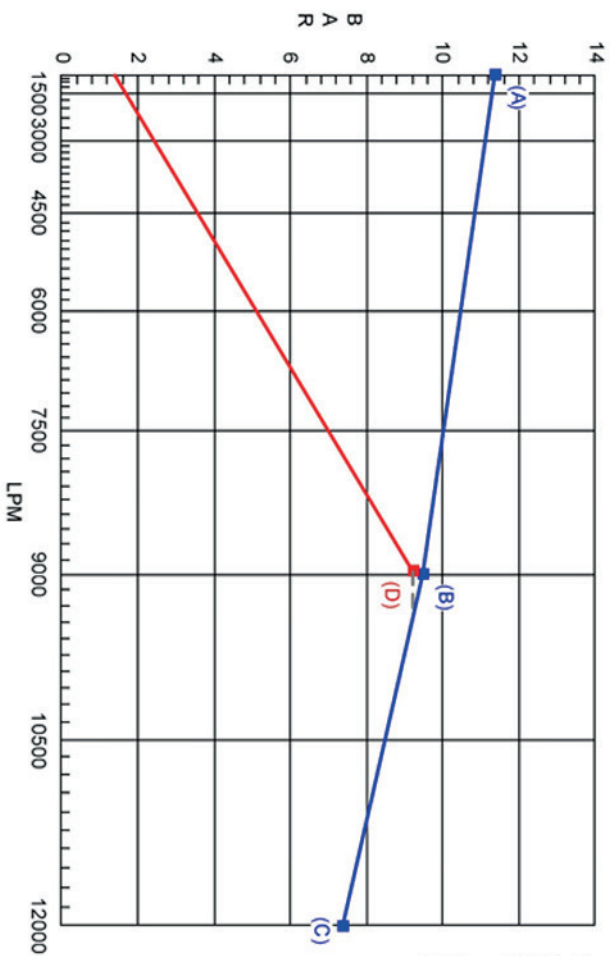
Date:
Location:
Source:

Contractor: FEUERTEC
Name of designer: DM
Authority having jurisdiction: Corpo de Bombeiros do Estado de São Paulo
IT-24/11 e IT-22/11

Notes

Conforme a IT-24/11 e CT nº CCB-020/600/13
Estoque Classe IV em porta paletes, altura até 13,10m.
Altura máxima do telhado 14,60m
Duração do reservatório: 60 min, conforme tabela 5.3.4.3.1 da IT-24/11
Hidrantes conforme a IT-22/11 (VAZÃO TOTAL 1200 LPM)

Hydraulic Demand Graph



Water Source:

A) 11.4 bar Static

B) 9000 lpm at 9.5 bar

C) 12000 lpm at 7.41 bar

Demand at Source:

D) 8974,1 lpm at 9.27 bar

Pipe Information, cont.

Node 1	Elev	Discharge	Nom	Fittings	L [M]	material	Pressure
Node 2	[M]	K-factor	& Flow	num & length	F [M]	C factor	Summary
			[lpm]	[M]	T [M]	bar/M	[bar]
71	14,600	q= 0,000	100		3,000	S10	Pt= 4,442 Fe= 0,000
		Q=2365,265	108,2		0,000	C=120	Pf= -0,056 Fv= 0,092
72	14,600				3,000	0,019	Pt= 4,386 V= 4,29m/s
72	14,600	q= 0,000	100		3,000	S10	Pt= 4,386 Fe= 0,000
		Q=1180,235	108,2		0,000	C=120	Pf= -0,015 Fv= 0,023
73	14,600				3,000	0,005	Pt= 4,370 V= 2,14m/s
21	14,600	q= 0,000	65		47,000	S10	Pt= 5,392 Fe= 0,000
		Q= 212,824	66,9		0,000	C=120	Pf= -0,106 Fv= 0,005
51	14,600				47,000	0,002	Pt= 5,266 V= 1,01m/s
22	14,600	q= 0,000	65		47,000	S10	Pt= 5,392 Fe= 0,000
		Q= 213,629	66,9		0,000	C=120	Pf= -0,107 Fv= 0,005
52	14,600				47,000	0,002	Pt= 5,265 V= 1,01m/s
23	14,600	q= 0,000	65		47,000	S10	Pt= 5,392 Fe= 0,000
		Q= 216,522	66,9		0,000	C=120	Pf= -0,109 Fv= 0,005
53	14,600				47,000	0,002	Pt= 5,263 V= 1,03m/s
24	14,600	q= 0,000	65		47,000	S10	Pt= 5,393 Fe= 0,000
		Q= 222,597	66,9		0,000	C=120	Pf= -0,115 Fv= 0,006
54	14,600				47,000	0,002	Pt= 5,278 V= 1,06m/s
25	14,600	q= 0,000	65		47,000	S10	Pt= 5,394 Fe= 0,000
		Q= 232,806	66,9		0,000	C=120	Pf= -0,125 Fv= 0,006
55	14,600				47,000	0,003	Pt= 5,269 V= 1,10m/s
26	14,600	q= 0,000	65		47,000	S10	Pt= 5,368 Fe= 0,000
		Q= 219,789	66,9		0,000	C=120	Pf= -0,112 Fv= 0,005
56	14,600				47,000	0,002	Pt= 5,256 V= 1,04m/s
27	14,600	q= 0,000	65		47,000	S10	Pt= 5,317 Fe= 0,000
		Q= 183,354	66,9		0,000	C=120	Pf= -0,080 Fv= 0,004
57	14,600				47,000	0,002	Pt= 5,237 V= 0,87m/s
28	14,600	q= 0,000	65		47,000	S10	Pt= 5,269 Fe= 0,000
		Q= 151,069	66,9		0,000	C=120	Pf= -0,056 Fv= 0,003
58	14,600				47,000	0,001	Pt= 5,213 V= 0,72m/s
29	14,600	q= 0,000	65		47,000	S10	Pt= 5,222 Fe= 0,000
		Q= 123,659	66,9		0,000	C=120	Pf= -0,039 Fv= 0,002
59	14,600				47,000	0,001	Pt= 5,184 V= 0,59m/s
30	14,600	q= 0,000	65		47,000	S10	Pt= 5,178 Fe= 0,000
		Q= 102,132	66,9		0,000	C=120	Pf= -0,027 Fv= 0,001
60	14,600				47,000	0,001	Pt= 5,151 V= 0,46m/s
31	14,600	q= 0,000	65		47,000	S10	Pt= 5,135 Fe= 0,000
		Q= 87,955	66,9		0,000	C=120	Pf= -0,021 Fv= 0,001
61	14,600				47,000	0,000	Pt= 5,114 V= 0,42m/s
32	14,600	q= 0,000	65		47,000	S10	Pt= 5,093 Fe= 0,000
		Q= 82,840	66,9		0,000	C=120	Pf= -0,018 Fv= 0,001
62	14,600				47,000	0,000	Pt= 5,075 V= 0,39m/s
33	14,600	q= 0,000	65		47,000	S10	Pt= 5,052 Fe= 0,000
		Q= 87,773	66,9		0,000	C=120	Pf= -0,021 Fv= 0,001
63	14,600				47,000	0,000	Pt= 5,032 V= 0,42m/s
34	14,600	q= 0,000	65		47,000	S10	Pt= 5,013 Fe= 0,000
		Q= 102,224	66,9		0,000	C=120	Pf= -0,027 Fv= 0,001
64	14,600				47,000	0,001	Pt= 4,985 V= 0,40m/s

report created by the "Simple Hydraulic Calculator" version 2.3.5 from www.ignuesinc.com

Pipe Information, cont.

Node 1	Elev [M]	K-factor	Discharge & Flow [lpm]	Nom I.d. [mm]	Fittings num & length [M]	L [M] F [M] T [M]	material C factor bar/M	Pressure Summary [bar]
Node 2								
35	14,600		q= 0,000 Q= 124,855	65		47,000 0,000	S10 C=120	Pt= 4,974 Pe= 0,000 Pfr= -0,039 Pvr= 0,002
65	14,600			66,9		47,000	0,001	Pt= 4,935 V= 0,59m/s
36	14,600		q= 0,000 Q= 154,587	65		47,000 0,000	S10 C=120	Pt= 4,938 Pe= 0,000 Pfr= -0,039 Pvr= 0,003
66	14,600			66,9		47,000	0,001	Pt= 4,879 V= 0,73m/s
37	14,600		q= 0,000 Q= 190,921	65		47,000 0,000	S10 C=120	Pt= 4,903 Pe= 0,000 Pfr= -0,087 Pvr= 0,004
67	14,600			66,9		47,000	0,002	Pt= 4,816 V= 0,91m/s
38	14,600		q= 0,000 Q= 233,819	65		47,000 0,000	S10 C=120	Pt= 4,870 Pe= 0,000 Pfr= -0,126 Pvr= 0,006
68	14,600			66,9		47,000	0,003	Pt= 4,744 V= 1,11m/s
39	14,600		q= 0,000 Q= 293,562	65		47,000 0,000	S10 C=120	Pt= 4,841 Pe= 0,000 Pfr= -0,180 Pvr= 0,009
69	14,600			66,9		47,000	0,004	Pt= 4,661 V= 1,34m/s
40	14,600		q= 0,000 Q= 340,652	65		47,000 0,000	S10 C=120	Pt= 4,814 Pe= 0,000 Pfr= -0,253 Pvr= 0,013
70	14,600			66,9		47,000	0,005	Pt= 4,561 V= 1,62m/s
41	14,600		q= 0,000 Q= 1396,836	65		19,850 0,000	S10 C=120	Pt= 4,791 Pe= 0,000 Pfr= -1,378 Pvr= 0,219
103	14,600			66,9		19,850	0,073	Pt= 3,413 V= 6,62m/s
42	14,600		q= 0,000 Q= 1403,887	65		19,850 0,000	S10 C=120	Pt= 4,780 Pe= 0,000 Pfr= -1,391 Pvr= 0,221
102	14,600			66,9		19,850	0,074	Pt= 3,389 V= 6,66m/s
43	14,600		q= 0,000 Q= 1405,835	65		19,850 0,000	S10 C=120	Pt= 4,777 Pe= 0,000 Pfr= -1,395 Pvr= 0,222
101	14,600			66,9		19,850	0,074	Pt= 3,382 V= 6,67m/s
71	14,600		q= 0,000 Q= 1202,305	65		19,150 0,000	S10 C=120	Pt= 4,442 Pe= 0,000 Pfr= -1,061 Pvr= 0,162
112	14,600			66,9		19,150	0,055	Pt= 3,381 V= 3,70m/s
72	14,600		q= 0,000 Q= 1185,029	65		19,150 0,000	S10 C=120	Pt= 4,386 Pe= 0,000 Pfr= -1,033 Pvr= 0,158
111	14,600			66,9		19,150	0,054	Pt= 3,353 V= 3,62m/s
73	14,600		q= 0,000 Q= 1180,235	65		19,150 0,000	S10 C=120	Pt= 4,370 Pe= 0,000 Pfr= -1,025 Pvr= 0,156
110	14,600			66,9		19,150	0,054	Pt= 3,345 V= 3,60m/s
101	14,600	360	q= 640,000 Q= 765,835	65		3,000 0,000	S10 C=120	Pt= 3,382 Pe= 0,000 Pfr= -0,072 Pvr= 0,066
104	14,600			66,9		3,000	0,024	Pt= 3,310 V= 3,63m/s
102	14,600	360	q= 640,731 Q= 763,156	65		3,000 0,000	S10 C=120	Pt= 3,389 Pe= 0,000 Pfr= -0,072 Pvr= 0,063
105	14,600			66,9		3,000	0,024	Pt= 3,317 V= 3,62m/s
103	14,600	360	q= 643,360 Q= 753,477	65		3,000 0,000	S10 C=120	Pt= 3,413 Pe= 0,000 Pfr= -0,070 Pvr= 0,064
106	14,600			66,9		3,000	0,023	Pt= 3,343 V= 3,57m/s
104	14,600	360	q= 648,433 Q= 117,403	65		3,000 0,000	S10 C=120	Pt= 3,310 Pe= 0,000 Pfr= -0,002 Pvr= 0,002
107	14,600			66,9		3,000	0,001	Pt= 3,308 V= 0,56m/s

report created by the "Simple Hydraulic Calculator" version 2.3.5 from www.igneusinc.com

Pipe Information, cont.

Node 1	Elev	K-factor	Discharge & Flow	Nom i.d.	Fittings num & length	L [M] F [M] T [M]	material C factor bar/M	Pressure Summary [bar]
Node 2	[M]		[lpm]	[mm]	[M]			
105	14,600	360	q= 649,185 Q= 113,971	65		3,000	S10	Pt= 3,317 Pe= 0,000
108	14,600			66,9		0,000	C=120	Pf= -0,002 Pv= 0,001
						3,000	0,001	Pt= 3,315 V= 0,54m/s
106	14,600	360	q= 651,889 Q= 101,588	65		3,000	S10	Pt= 3,343 Pe= 0,000
109	14,600			66,9		0,000	C=120	Pf= -0,002 Pv= 0,001
						3,000	0,001	Pt= 3,341 V= 0,48m/s
107	14,600	360	q= 654,755 Q=537,352	65		3,000	S10	Pt= 3,368 Pe= 0,000
110	14,600			66,9		0,000	C=120	Pf= 0,037 Pv= 0,032
						3,000	0,012	Pt= 3,345 V= 2,55m/s
108	14,600	360	q= 655,467 Q=541,495	65		3,000	S10	Pt= 3,315 Pe= 0,000
111	14,600			66,9		0,000	C=120	Pf= 0,038 Pv= 0,033
						3,000	0,013	Pt= 3,353 V= 2,57m/s
109	14,600	360	q= 658,023 Q=556,435	65		3,000	S10	Pt= 3,341 Pe= 0,000
112	14,600			66,9		0,000	C=120	Pf= 0,040 Pv= 0,035
						3,000	0,013	Pt= 3,381 V= 2,64m/s

Material CodesPipe Material

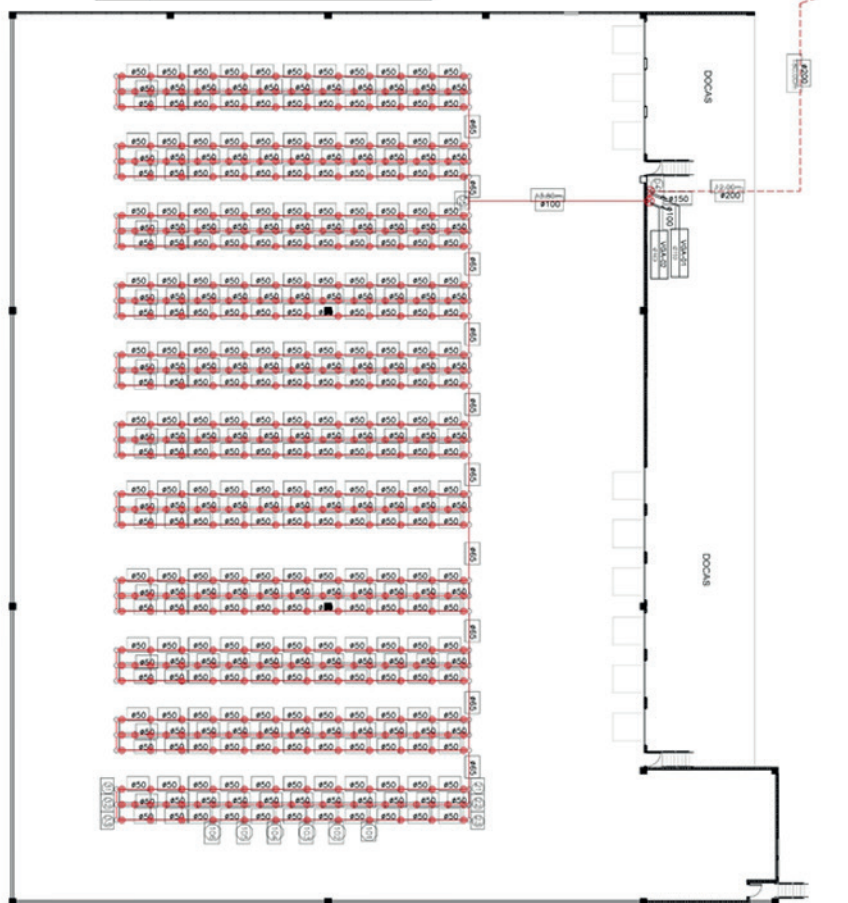
S10 - Schedule 10 Steel

Fittings

C - Check Valve
 E - Standard 90 degree elbow
 G - Gate Valve
 TN - Tee - Straight thru path

CENÁRIO 2 – BICOS IN-RACK

LEGENDA	
	TUBO DE AÇO CARBONO PRETO
	VÁLVULA DE BLOQUEIO TIPO GAVETA OU ESPERA
	PONTOS DE CÁLCULO HIDRÁULICO
	VÁLVULA DE GOVERNO E ALARME
	BICO DE SPRINKLER PENDENTE, ESFR, K=360(25), 74°C



Hydraulic Calculations for

Project: TCC CENÁRIO 2 - IN-RACK
Drawing no.:
Date: 16/08/2017

Design

Remote area number: VGA-2
Remote area location: GALPÃO
Occupancy classification: high piled rack storage
Density:
Area of application: 108
Coverage per sprinkler: 9
Type of sprinklers calculated: TIPO ESFR, Ø3/4", 70°C, K=14(200)
No. of sprinklers calculated: 6
In rack demand:
Hose streams: none outside + 950 lpm inside
Total water required (including hose streams): 2458,45 lpm at 8,103 bar [1,598 bar safety margin]
Type of system: wet pipe
Volume of dry or preaction system:

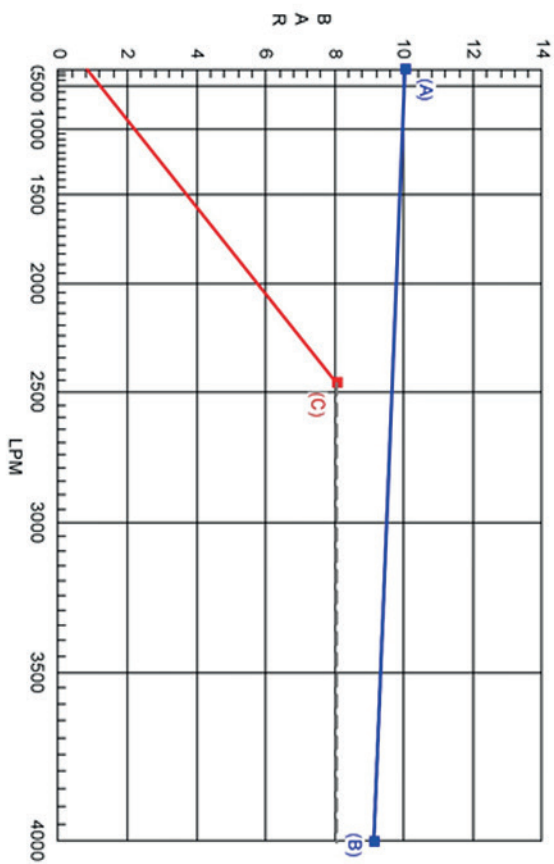
Water Supply Information

Date:
Location:
Source:

Contractor: FEUERTEC
Name of designer: DM
Authority having jurisdiction: FM GLOBAL

Notes

CONFORME O CAPÍTULO 2.3.6.6 DO DATA SHEET8-9
Estoque Classe IV e plástico não expandido em caixa de papelão, em porta paletes
Altura máxima do telhado 9m
Duração do reservatório: 60 min

Hydraulic Demand Graph

Water Source:
 A) 10.08 bar Static
 B) 4000 lpm at 9.15 bar
 Demand at Source:
 C) 2458.4 lpm at 8.1 bar

Supply Analysis

Node at	Static Pressure [bar]	Residual Pressure [bar]	Flow [lpm]	Available Pressure [bar]	Total Demand [lpm]	Required Pressure [bar]
1	10,08	8,4	5500,0	9,7	2458,45	8,1

Node Analysis

Node Tag	Elev [M]	Type	Pressure [bar]	Discharge [lpm]	Notes
1	0,000	source	8,103	-2458,44	
2	0,000	ref	8,100	0,000	
3	0,000	ref	8,085	950,000	
4	0,000	ref	8,017	0,000	
5	9,000	ref	6,774	0,000	
21	9,000	ref	2,434	0,000	
22	9,000	ref	2,373	0,000	
23	9,000	ref	2,338	0,000	
31	9,000	ref	2,050	0,000	
32	9,000	ref	2,044	0,000	
33	9,000	ref	2,022	0,000	
101	9,000	K=200,00	1,751	250,657	Pn=1,571 Pv=0,181
102	9,000	K=200,00	1,654	250,136	Pn=1,564 Pv=0,090
103	9,000	K=200,00	1,618	252,000	Pn=1,588 Pv=0,031
104	9,000	K=200,00	1,615	254,147	Pn=1,615 Pv=0,000
105	9,000	K=200,00	1,623	251,509	Pn=1,581 Pv=0,041
106	9,000	K=200,00	1,670	250,000	Pn=1,562 Pv=0,108

Pipe Information

negative pipe flow (Q) indicates flow is from node 2 towards node 1

Node 1	Elev [M]	K-factor	Discharge & Flow [lpm]	Nom Ld. [mm]	Fittings num & length [M]	L [M] F [M] T [M]	material C factor bar/M	Pressure Summary [bar]
Node 2								
1	0,000		q=-2458,44 Q=2458,449	250 263,4	17N=5,769 20C=3,594	5,560 9,363 14,923	S10 C=120 0,000	Pf= 8,103 Pw= 0,000 Pf= -0,004 Pw= 0,003 Pf= 8,103 V= 0,75m/s
2	0,000		q= 0,000 Q=2458,449	250 263,4	1G=1,797 10C=19,861 3E=23,763	9,300 45,421 54,721	S10 C=120 0,000	Pf= 8,100 Pw= 0,000 Pf= -0,014 Pw= 0,003 Pf= 8,085 V= 0,75m/s
3	0,000		q= 950,000 Q=1508,449	200 209,5	3E=19,341	192,990 19,341 211,341	S10 C=120 0,000	Pf= 8,085 Pw= 0,000 Pf= -0,069 Pw= 0,003 Pf= 8,017 V= 0,73m/s
4	0,000		q= 0,000 Q=1508,449	100 108,2	1G=0,802 10C=8,817 1E=4,008 17E=8,015	22,800 21,641 44,441 17E=8,015	S10 C=120 0,008	Pf= 8,017 Pw= 0,002 Pf= -0,060 Pw= 0,037 Pf= 6,774 V= 2,73m/s
5	9,000		q= 0,000 Q=1508,449	65 66,9	17N=1,673 17E=5,019	44,800 6,492 51,492	S10 C=120 0,004	Pf= 6,774 Pw= 0,000 Pf= -4,340 Pw= 0,255 Pf= 2,434 V= 7,15m/s
21	9,000		q= 0,000 Q=1165,935	65 66,9		1,180 0,000 1,180	S10 C=120 0,052	Pf= 2,434 Pw= 0,000 Pf= -0,060 Pw= 0,153 Pf= 2,373 V= 5,53m/s
22	9,000		q= 0,000 Q= 851,035	65 66,9		1,180 0,000 1,180	S10 C=120 0,029	Pf= 2,373 Pw= 0,000 Pf= -0,034 Pw= 0,081 Pf= 2,338 V= 4,94m/s
31	9,000		q= 0,000 Q= 342,514	65 66,9		1,180 0,000 1,180	S10 C=120 0,005	Pf= 2,050 Pw= 0,000 Pf= -0,026 Pw= 0,013 Pf= 2,044 V= 1,62m/s
32	9,000		q= 0,000 Q= 657,414	65 66,9		1,180 0,000 1,180	S10 C=120 0,018	Pf= 2,044 Pw= 0,000 Pf= -0,021 Pw= 0,049 Pf= 2,022 V= 3,12m/s
21	9,000		q= 0,000 Q= 342,514	50 54,8		26,800 0,000 26,800	S10 C=120 0,014	Pf= 2,434 Pw= 0,000 Pf= -0,394 Pw= 0,029 Pf= 2,050 V= 2,42m/s
31	9,000		q= 0,000 Q= 314,900	50 54,8		26,800 0,000 26,800	S10 C=120 0,012	Pf= 2,373 Pw= 0,000 Pf= -0,329 Pw= 0,025 Pf= 2,044 V= 2,23m/s
23	9,000		q= 0,000 Q= 851,035	50 54,8		7,600 0,000 7,600	S10 C=120 0,077	Pf= 2,338 Pw= 0,000 Pf= -0,587 Pw= 0,181 Pf= 1,751 V= 6,91m/s
101	9,000	200	q= 250,657 Q= 600,378	50 54,8		2,400 0,000 2,400	S10 C=120 0,041	Pf= 1,751 Pw= 0,000 Pf= -0,097 Pw= 0,090 Pf= 1,654 V= 4,24m/s
102	9,000	200	q= 250,136 Q= 350,242	50 54,8		2,400 0,000 2,400	S10 C=120 0,015	Pf= 1,654 Pw= 0,000 Pf= -0,036 Pw= 0,031 Pf= 1,618 V= 2,48m/s
103	9,000	200	q= 252,000 Q= 98,242	50 54,8		2,400 0,000 2,400	S10 C=120 0,001	Pf= 1,618 Pw= 0,000 Pf= -0,003 Pw= 0,002 Pf= 1,615 V= 0,69m/s

report created by the "Simple Hydraulic Calculator" version 2.3.5 from www.igneusinc.com

ANEXO B – PROJETO E DIMENSIONAMENTO – CENÁRIO 2

16/08/2017

CENÁRIO 2 - IN-RACK

Page 5

Pipe Information, cont.

Node 1	Elev	K-factor	Discharge & Flow	Nom	Fittings	L [M]	material	Pressure	
Node 2	[M]		[lpm]	I.d. [mm]	num & length [M]	F [M] T [M]	C factor bar/M	Summary [bar]	
104	9,000	200	Q= 254,147	50		2,400	S10	Ft= 1,615	Pe= 0,000
			Q=-155,905	54,8		0,000	C=120	Fz= 0,009	Fv= 0,006
105	9,000					2,400	0,003	Fz= 1,623	V= 1,10m/s
105	9,000	200	Q= 251,509	50		2,400	S10	Ft= 1,623	Pe= 0,000
			Q=-407,414	54,8		0,000	C=120	Fz= 0,047	Fv= 0,041
106	9,000					2,400	0,02	Ft= 1,670	V= 2,00m/s
106	9,000	200	Q= 250,000	50		7,350	S10	Ft= 1,670	Pe= 0,000
			Q=-657,414	54,8		0,000	C=120	Fz= 0,352	Fv= 0,108
33	9,000					7,350	0,048	Fz= 2,022	V= 4,60m/s

Material Codes

Pipe Material

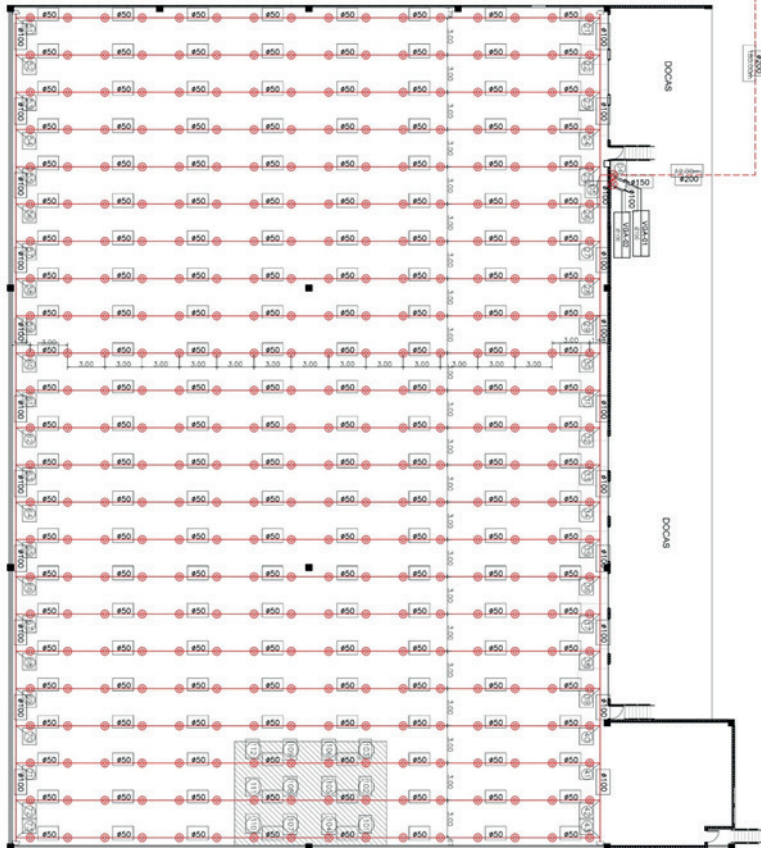
S10 = Schedule 10 Steel

Fittings

C = Check Valve
E = Standard 90 degree elbow
G = Gate Valve
T = Tee = Flow turn 90 degrees
IN = Tee = Straight thru path

CENÁRIO 2 – TELhado

LEGENDA	
	TUBO DE AÇO CARBONO PRETO
	VALVULA DE BLOQUEIO TIPO GRIETA OU ESFERA
	PONTOS DE CALCULO HIDRAULICO
	VALVULA DE GOVERNO E ALARME
	BICO DE SPRINKLER PENDENTE, ESFR, K=360(25), 74°C



Hydraulic Calculations for

Project: TCC CENÁRIO 2 - TETO
Drawing no.:
Date: 16/08/2017

Design

Remote area number: VGA-1
Remote area location: GALPÃO
Occupancy classification: high piled rack storage
Density:
Area of application: 108
Coverage per sprinkler: 9
Type of sprinklers calculated: TIPO ESFR, Ø3/4", 70°C, K=14(200)
No. of sprinklers calculated: 12
In rack demand:
Hose streams: none outside + 950 lpm inside
Total water required (including hose streams): 5488,95 lpm at 8,167 bar [0,251 bar safety margin]
Type of system: wet pipe
Volume of dry or preaction system:

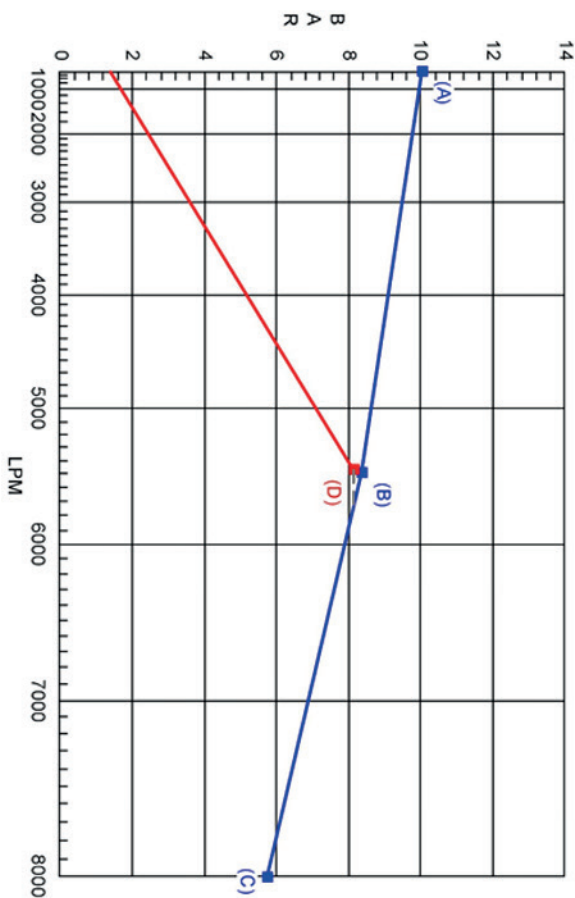
Water Supply Information

Date:
Location:
Source:

Contractor: FEUERTEC
Name of designer: DM
Authority having jurisdiction: FM GLOBAL

Notes

CONFORME TABELA 8 DO DATA SHEET8-9
Estoque Classe IV e plástico não expandido em caixa de papelão, em porta paletes
Altura máxima do telhado 6,00(5,60)m
Duração do reservatório: 60 min

Hydraulic Demand Graph

Water Source:

- A) 10.08 bar Static
- B) 5500 lpm at 8.4 bar
- C) 8000 lpm at 5.77 bar

Demand at Source:

- D) 5468.9 lpm at 8.17 bar

Supply Analysis

Node at	Static Pressure [bar]	Residual Pressure [bar]	Flow [lpm]	Available Pressure [bar]	Total Demand [lpm]	Required Pressure [bar]
1	10,08	8,4	5500,0	8,42	5468,95	8,17

Node Analysis

Node Tag	Elev [M]	Type	Pressure [bar]	Discharge [lpm]	Notes
1	0,000	source	8,167	-5468,94	
2	0,000	ref	8,150	0,000	
3	0,000	ref	8,086	950,000	
4	0,000	ref	7,564	0,000	
5	14,600	ref	5,832	0,000	
21	14,600	ref	5,807	0,000	
22	14,600	ref	5,808	0,000	
23	14,600	ref	5,810	0,000	
24	14,600	ref	5,815	0,000	
25	14,600	ref	5,825	0,000	
26	14,600	ref	5,777	0,000	
27	14,600	ref	5,681	0,000	
28	14,600	ref	5,595	0,000	
29	14,600	ref	5,518	0,000	
30	14,600	ref	5,447	0,000	
31	14,600	ref	5,382	0,000	
32	14,600	ref	5,320	0,000	
33	14,600	ref	5,262	0,000	
34	14,600	ref	5,206	0,000	
35	14,600	ref	5,151	0,000	
36	14,600	ref	5,098	0,000	
37	14,600	ref	5,046	0,000	
38	14,600	ref	4,994	0,000	
39	14,600	ref	4,943	0,000	
40	14,600	ref	4,891	0,000	
41	14,600	ref	4,839	0,000	
42	14,600	ref	4,815	0,000	
43	14,600	ref	4,808	0,000	
51	14,600	ref	5,508	0,000	
52	14,600	ref	5,507	0,000	
53	14,600	ref	5,505	0,000	
54	14,600	ref	5,499	0,000	
55	14,600	ref	5,490	0,000	
56	14,600	ref	5,476	0,000	
57	14,600	ref	5,456	0,000	
58	14,600	ref	5,431	0,000	
59	14,600	ref	5,401	0,000	
60	14,600	ref	5,366	0,000	
61	14,600	ref	5,327	0,000	
62	14,600	ref	5,285	0,000	
63	14,600	ref	5,240	0,000	
64	14,600	ref	5,193	0,000	

report created by the "Simple Hydraulic Calculator" version 2.3.5 from www.igneusinc.com

Node Analysis. cont.

Node Tag	Elev [M]	Type	Pressure [bar]	Discharge [lpm]	Notes
65	14,600	ref	5,145	0,000	
66	14,600	ref	5,095	0,000	
67	14,600	ref	5,045	0,000	
68	14,600	ref	4,994	0,000	
69	14,600	ref	4,943	0,000	
70	14,600	ref	4,891	0,000	
71	14,600	ref	4,840	0,000	
72	14,600	ref	4,816	0,000	
73	14,600	ref	4,810	0,000	
101	14,600	K=200,00	3,642	374,166	Pn=3,500 Pv=0,142
102	14,600	K=200,00	3,647	374,432	Pn=3,505 Pv=0,142
103	14,600	K=200,00	3,666	375,389	Pn=3,523 Pv=0,143
104	14,600	K=200,00	3,590	377,020	Pn=3,554 Pv=0,036
105	14,600	K=200,00	3,595	377,288	Pn=3,559 Pv=0,036
106	14,600	K=200,00	3,613	378,254	Pn=3,577 Pv=0,036
107	14,600	K=200,00	3,590	378,931	Pn=3,590 Pv=0,000
108	14,600	K=200,00	3,595	379,201	Pn=3,595 Pv=0,000
109	14,600	K=200,00	3,613	380,172	Pn=3,613 Pv=0,000
110	14,600	K=200,00	3,641	374,201	Pn=3,501 Pv=0,140
111	14,600	K=200,00	3,646	374,467	Pn=3,506 Pv=0,140
112	14,600	K=200,00	3,664	375,425	Pn=3,524 Pv=0,141

Pipe Information

negative pipe flow (Q) indicates flow is from node 2 towards node 1

Node 1	Elev [M]	K-factor	Discharge & Flow [lpm]	Nom i.d. [mm]	Fittings num & length [M]	L [M] F [M] T [M]	material C factor bar/m	Pressure Summary [bar]
Node 2								
1	0,000		q=-5468,94 Q=5468,945	250	1TN=5,769 20=3,594	5,560 9,363 14,923	S10 C=120 0,001	P1=- 8,167 P2= 0,000 P1=- -0,017 P2= 0,014 P1= 8,150 V= 1,67m/s
2	0,000		q= 0,000 Q=5468,945	250	1G=1,797 1C=19,861 3E=23,763	9,300 45,421 54,721	S10 C=120 0,001	P1= 8,150 P2= 0,000 P1=- -0,063 P2= 0,014 P1= 8,086 V= 1,67m/s
3	0,000		q= 950,000 Q=4518,945	200	3E=19,341	192,000 19,341 211,341	S10 C=120 0,002	P1= 8,086 P2= 0,000 P1=- -0,522 P2= 0,024 P1= 7,564 V= 2,19m/s
4	0,000		q= 0,000 Q=4518,945	150	1G=1,156 1C=12,252 1E=5,366	15,600 18,774 34,374	S10 C=120 0,009	P1= 7,564 P2= 1,431 P1=- -0,302 P2= 0,067 P1= 5,932 V= 3,68m/s
21	14,600		q= 0,000 Q=-220,722	100		3,000 0,000 3,000	S10 C=120 0,000	P1= 5,807 P2= 0,000 P1= 0,001 P2= 0,001 P1= 5,808 V= 0,40m/s
22	14,600		q= 0,000 Q=-441,997	100		3,000 0,000 3,000	S10 C=120 0,001	P1= 5,808 P2= 0,000 P1= 0,003 P2= 0,003 P1= 5,810 V= 0,80m/s
23	14,600		q= 0,000 Q=-665,264	100		3,000 0,000 3,000	S10 C=120 0,002	P1= 5,810 P2= 0,000 P1= 0,005 P2= 0,007 P1= 5,815 V= 1,21m/s
24	14,600		q= 0,000 Q=-892,726	100		3,000 0,000 3,000	S10 C=120 0,003	P1= 5,815 P2= 0,000 P1= 0,009 P2= 0,013 P1= 5,825 V= 1,62m/s
25	14,600		q= 0,000 Q=-1127,26	100		1,500 0,000 1,500	S10 C=120 0,005	P1= 5,825 P2= 0,000 P1= 0,007 P2= 0,021 P1= 5,832 V= 2,04m/s
5	14,600		q= 0,000 Q=-3391,682	100		1,500 0,000 1,500	S10 C=120 0,036	P1= 5,832 P2= 0,000 P1=- -0,054 P2= 0,189 P1= 5,777 V= 6,15m/s
26	14,600		q= 0,000 Q=-3170,813	100		3,000 0,000 3,000	S10 C=120 0,032	P1= 5,777 P2= 0,000 P1=- -0,096 P2= 0,165 P1= 5,681 V= 5,75m/s
27	14,600		q= 0,000 Q=-2980,709	100		3,000 0,000 3,000	S10 C=120 0,029	P1= 5,681 P2= 0,000 P1=- -0,086 P2= 0,146 P1= 5,595 V= 5,40m/s
28	14,600		q= 0,000 Q=-2820,896	100		3,000 0,000 3,000	S10 C=120 0,026	P1= 5,595 P2= 0,000 P1=- -0,077 P2= 0,131 P1= 5,518 V= 5,11m/s
29	14,600		q= 0,000 Q=-2687,753	100		3,000 0,000 3,000	S10 C=120 0,024	P1= 5,518 P2= 0,000 P1=- -0,071 P2= 0,118 P1= 5,447 V= 4,87m/s
30	14,600		q= 0,000 Q=-2578,525	100		3,000 0,000 3,000	S10 C=120 0,022	P1= 5,447 P2= 0,000 P1=- -0,066 P2= 0,109 P1= 5,382 V= 4,67m/s
31	14,600							

report created by the "Simple Hydraulic Calculator" version 2.3.5 from www.igneusinc.com

Pipe Information, cont.

Node 1 Node 2	Elev [M]	K-factor	Discharge & Flow [lpm]	Nom Ld. [mm]	Fittings num & length [M]	L [M] F [M] T [M]	material C factor bar/M	Pressure Summary [bar]
31	14,600		q= 0,000 Q=2490,534	100 108,2		3,000 0,000	S10 C=120	Pt= 5,392 Pw= 0,000 Pf= -0,061 Pw= 0,102
32	14,600					3,000	0,02	Pt= 5,320 Vw= 4,52m/s
32	14,600		q= 0,000 Q=2421,284	100 108,2		3,000 0,000	S10 C=120	Pt= 5,320 Pw= 0,000 Pf= -0,058 Pw= 0,096
33	14,600					3,000	0,019	Pt= 5,262 Vw= 4,39m/s
33	14,600		q= 0,000 Q=2367,969	100 108,2		3,000 0,000	S10 C=120	Pt= 5,262 Pw= 0,000 Pf= -0,056 Pw= 0,092
34	14,600					3,000	0,019	Pt= 5,206 Vw= 4,29m/s
34	14,600		q= 0,000 Q=2328,478	100 108,2		3,000 0,000	S10 C=120	Pt= 5,206 Pw= 0,000 Pf= -0,054 Pw= 0,089
35	14,600					3,000	0,018	Pt= 5,151 Vw= 4,22m/s
35	14,600		q= 0,000 Q=2300,416	100 108,2		3,000 0,000	S10 C=120	Pt= 5,151 Pw= 0,000 Pf= -0,053 Pw= 0,087
36	14,600					3,000	0,018	Pt= 5,099 Vw= 4,17m/s
36	14,600		q= 0,000 Q=2281,607	100 108,2		3,000 0,000	S10 C=120	Pt= 5,099 Pw= 0,000 Pf= -0,052 Pw= 0,085
37	14,600					3,000	0,017	Pt= 5,046 Vw= 4,14m/s
37	14,600		q= 0,000 Q=2270,031	100 108,2		3,000 0,000	S10 C=120	Pt= 5,046 Pw= 0,000 Pf= -0,052 Pw= 0,085
38	14,600					3,000	0,017	Pt= 4,994 Vw= 4,12m/s
38	14,600		q= 0,000 Q=2263,928	100 108,2		3,000 0,000	S10 C=120	Pt= 4,994 Pw= 0,000 Pf= -0,052 Pw= 0,084
39	14,600					3,000	0,017	Pt= 4,943 Vw= 4,10m/s
39	14,600		q= 0,000 Q=2262,814	100 108,2		3,000 0,000	S10 C=120	Pt= 4,943 Pw= 0,000 Pf= -0,051 Pw= 0,084
40	14,600					3,000	0,017	Pt= 4,891 Vw= 4,10m/s
40	14,600		q= 0,000 Q=2267,747	100 108,2		3,000 0,000	S10 C=120	Pt= 4,891 Pw= 0,000 Pf= -0,052 Pw= 0,084
41	14,600					3,000	0,017	Pt= 4,839 Vw= 4,11m/s
41	14,600		q= 0,000 Q=1510,324	100 108,2		3,000 0,000	S10 C=120	Pt= 4,839 Pw= 0,000 Pf= -0,024 Pw= 0,037
42	14,600					3,000	0,008	Pt= 4,815 Vw= 2,74m/s
42	14,600		q= 0,000 Q= 754,886	100 108,2		3,000 0,000	S10 C=120	Pt= 4,815 Pw= 0,000 Pf= -0,007 Pw= 0,009
43	14,600					3,000	0,002	Pt= 4,808 Vw= 1,37m/s
51	14,600		q= 0,000 Q= 220,722	100 108,2		3,000 0,000	S10 C=120	Pt= 5,508 Pw= 0,000 Pf= -0,001 Pw= 0,001
52	14,600					3,000	0,000	Pt= 5,507 Vw= 0,40m/s
52	14,600		q= 0,000 Q= 441,997	100 108,2		3,000 0,000	S10 C=120	Pt= 5,507 Pw= 0,000 Pf= -0,003 Pw= 0,003
53	14,600					3,000	0,001	Pt= 5,505 Vw= 0,80m/s
53	14,600		q= 0,000 Q= 665,264	100 108,2		3,000 0,000	S10 C=120	Pt= 5,505 Pw= 0,000 Pf= -0,005 Pw= 0,007
54	14,600					3,000	0,002	Pt= 5,499 Vw= 1,21m/s

Pipe Information, cont.

Node 1 Node 2	Elev [M]	K-factor	Discharge & Flow [lpm]	Nom I.d. [mm]	Fittings num & length [M]	L [M] F [M] T [M]	material C factor bar/M	Pressure Summary [bar]
54	14,600		Q= 0,000	100		3,000	S10	Pt= 5,499 F= 0,000
55	14,600		Q= 892,726	108,2		0,000	C=120	Pf= -0,009 Fv= 0,023
						3,000	0,003	Pt= 5,490 V= 1,62m/s
55	14,600		Q= 0,000	100		3,000	S10	Pt= 5,490 F= 0,000
56	14,600		Q=1127,263	108,2		0,000	C=120	Pf= -0,014 Fv= 0,021
						3,000	0,005	Pt= 5,476 V= 2,04m/s
56	14,600		Q= 0,000	100		3,000	S10	Pt= 5,476 F= 0,000
57	14,600		Q=1348,933	108,2		0,000	C=120	Pf= -0,020 Fv= 0,030
						3,000	0,007	Pt= 5,456 V= 2,45m/s
57	14,600		Q= 0,000	100		3,000	S10	Pt= 5,456 F= 0,000
58	14,600		Q=1538,236	108,2		0,000	C=120	Pf= -0,025 Fv= 0,039
						3,000	0,008	Pt= 5,431 V= 2,79m/s
58	14,600		Q= 0,000	100		3,000	S10	Pt= 5,431 F= 0,000
59	14,600		Q=1698,049	108,2		0,000	C=120	Pf= -0,030 Fv= 0,047
						3,000	0,01	Pt= 5,401 V= 3,08m/s
59	14,600		Q= 0,000	100		3,000	S10	Pt= 5,401 F= 0,000
60	14,600		Q=1831,193	108,2		0,000	C=120	Pf= -0,035 Fv= 0,055
						3,000	0,012	Pt= 5,366 V= 3,32m/s
60	14,600		Q= 0,000	100		3,000	S10	Pt= 5,366 F= 0,000
61	14,600		Q=1940,420	108,2		0,000	C=120	Pf= -0,039 Fv= 0,062
						3,000	0,013	Pt= 5,327 V= 3,52m/s
61	14,600		Q= 0,000	100		3,000	S10	Pt= 5,327 F= 0,000
62	14,600		Q=2028,411	108,2		0,000	C=120	Pf= -0,042 Fv= 0,067
						3,000	0,014	Pt= 5,285 V= 3,68m/s
62	14,600		Q= 0,000	100		3,000	S10	Pt= 5,285 F= 0,000
63	14,600		Q=2097,761	108,2		0,000	C=120	Pf= -0,045 Fv= 0,072
						3,000	0,015	Pt= 5,242 V= 3,80m/s
63	14,600		Q= 0,000	100		3,000	S10	Pt= 5,242 F= 0,000
64	14,600		Q=2150,978	108,2		0,000	C=120	Pf= -0,047 Fv= 0,076
						3,000	0,016	Pt= 5,193 V= 3,90m/s
64	14,600		Q= 0,000	100		3,000	S10	Pt= 5,193 F= 0,000
65	14,600		Q=2190,467	108,2		0,000	C=120	Pf= -0,048 Fv= 0,079
						3,000	0,016	Pt= 5,145 V= 3,97m/s
65	14,600		Q= 0,000	100		3,000	S10	Pt= 5,145 F= 0,000
66	14,600		Q=2218,529	108,2		0,000	C=120	Pf= -0,050 Fv= 0,081
						3,000	0,017	Pt= 5,095 V= 4,02m/s
66	14,600		Q= 0,000	100		3,000	S10	Pt= 5,095 F= 0,000
67	14,600		Q=2237,338	108,2		0,000	C=120	Pf= -0,050 Fv= 0,082
						3,000	0,017	Pt= 5,045 V= 4,06m/s
67	14,600		Q= 0,000	100		3,000	S10	Pt= 5,045 F= 0,000
68	14,600		Q=2248,914	108,2		0,000	C=120	Pf= -0,051 Fv= 0,083
						3,000	0,017	Pt= 4,994 V= 4,08m/s
68	14,600		Q= 0,000	100		3,000	S10	Pt= 4,994 F= 0,000
69	14,600		Q=2255,017	108,2		0,000	C=120	Pf= -0,051 Fv= 0,083
						3,000	0,017	Pt= 4,943 V= 4,09m/s

Pipe Information, cont.

Node 1 Node 2	Elev [M]	K-factor	Discharge & Flow [lpm]	Nom I.d. [mm]	Fittings num & length [M]	L [M] F [M] T [M]	material C factor bar/M	Pressure Summary [bar]
69	14,600	q= 0,000	Q=2256,132	100		3,000 0,000 0,000	S10 C=120 0,017	Pt= 4,943 Pa= 0,000 P2= -0,051 Pv= 0,003 P3= 4,891 V= 4,09m/s
70	14,600	q= 0,000	Q=2251,198	100		3,000 0,000 0,000	S10 C=120 0,017	Pt= 4,891 Pa= 0,000 P2= -0,051 Pv= 0,003 P3= 4,840 V= 4,08m/s
71	14,600	q= 0,000	Q=1499,382	100		3,000 0,000 0,000	S10 C=120 0,009	Pt= 4,840 Pa= 0,000 P2= -0,024 Pv= 0,037 P3= 4,816 V= 2,72m/s
72	14,600	q= 0,000	Q= 749,432	100		3,000 0,000 0,000	S10 C=120 0,002	Pt= 4,816 Pa= 0,000 P2= -0,007 Pv= 0,009 P3= 4,810 V= 1,36m/s
21	14,600	q= 0,000	Q= 220,722	50		47,000 0,000 0,000	S10 C=120 0,006	Pt= 5,007 Pa= 0,000 P2= -0,301 Pv= 0,012 P3= 5,508 V= 1,56m/s
51	14,600	q= 0,000	Q= 221,275	50		47,000 0,000 0,000	S10 C=120 0,006	Pt= 5,508 Pa= 0,000 P2= -0,300 Pv= 0,012 P3= 5,505 V= 1,56m/s
23	14,600	q= 0,000	Q= 223,267	50		47,000 0,000 0,000	S10 C=120 0,006	Pt= 5,510 Pa= 0,000 P2= -0,305 Pv= 0,012 P3= 5,505 V= 1,56m/s
53	14,600	q= 0,000	Q= 227,461	50		47,000 0,000 0,000	S10 C=120 0,007	Pt= 5,515 Pa= 0,000 P2= -0,316 Pv= 0,013 P3= 5,499 V= 1,61m/s
24	14,600	q= 0,000	Q= 234,538	50		47,000 0,000 0,000	S10 C=120 0,007	Pt= 5,525 Pa= 0,000 P2= -0,335 Pv= 0,014 P3= 5,490 V= 1,66m/s
55	14,600	q= 0,000	Q= 221,669	50		47,000 0,000 0,000	S10 C=120 0,006	Pt= 5,777 Pa= 0,000 P2= -0,301 Pv= 0,012 P3= 5,476 V= 1,57m/s
26	14,600	q= 0,000	Q= 189,303	50		47,000 0,000 0,000	S10 C=120 0,005	Pt= 5,681 Pa= 0,000 P2= -0,225 Pv= 0,009 P3= 5,456 V= 1,34m/s
57	14,600	q= 0,000	Q= 159,813	50		47,000 0,000 0,000	S10 C=120 0,004	Pt= 5,595 Pa= 0,000 P2= -0,165 Pv= 0,006 P3= 5,431 V= 1,13m/s
28	14,600	q= 0,000	Q= 133,143	50		47,000 0,000 0,000	S10 C=120 0,002	Pt= 5,518 Pa= 0,000 P2= -0,117 Pv= 0,004 P3= 5,401 V= 0,94m/s
59	14,600	q= 0,000	Q= 109,228	50		47,000 0,000 0,000	S10 C=120 0,002	Pt= 5,447 Pa= 0,000 P2= -0,081 Pv= 0,003 P3= 5,366 V= 0,77m/s
30	14,600	q= 0,000	Q= 87,991	50		47,000 0,000 0,000	S10 C=120 0,001	Pt= 5,382 Pa= 0,000 P2= -0,055 Pv= 0,002 P3= 5,327 V= 0,62m/s
60	14,600	q= 0,000						
31	14,600	q= 0,000						
61	14,600	q= 0,000						

Pipe Information, cont.

Node 1 Node 2	Elev [m]	K-factor	Discharge & Flow [lpm]	Nom Ld. [mm]	Fittings num & length [m]	L [M] F [M] T [M]	material C factor bar/m	Pressure Summary [bar]
32	14,600	q= 0,000 Q= 69,350	50 54,8			47,000 0,000 47,000	S10 C=120 0,001	Pt= 5,320 Pw= 0,000 Pf= -0,035 Fw= 0,001 Pt= 5,285 Vw= 0,49m/s
33	14,600	q= 0,000 Q= 53,216	50 54,8			47,000 0,000 47,000	S10 C=120 0,000	Pt= 5,262 Pw= 0,000 Pf= -0,022 Fw= 0,001 Pt= 5,240 Vw= 0,38m/s
34	14,600	q= 0,000 Q= 39,490	50 54,8			47,000 0,000 47,000	S10 C=120 0,000	Pt= 5,206 Pw= 0,000 Pf= -0,012 Fw= 0,000 Pt= 5,193 Vw= 0,28m/s
35	14,600	q= 0,000 Q= 29,862	50 54,8			47,000 0,000 47,000	S10 C=120 0,000	Pt= 5,151 Pw= 0,000 Pf= -0,007 Fw= 0,000 Pt= 5,145 Vw= 0,20m/s
36	14,600	q= 0,000 Q= 18,809	50 54,8			47,000 0,000 47,000	S10 C=120 0	Pt= 5,099 Pw= 0,000 Pf= -0,003 Fw= 0,000 Pt= 5,095 Vw= 0,13m/s
37	14,600	q= 0,000 Q= 11,576	50 54,8			47,000 0,000 47,000	S10 C=120 0	Pt= 5,046 Pw= 0,000 Pf= -0,001 Fw= 0,000 Pt= 5,045 Vw= 0,08m/s
38	14,600	q= 0,000 Q= 6,103	50 54,8			47,000 0,000 47,000	S10 C=120 0	Pt= 4,994 Pw= 0,000 Pf= 0,000 Fw= 0,000 Pt= 4,994 Vw= 0,04m/s
39	14,600	q= 0,000 Q= 1,114	50 54,8			47,000 0,000 47,000	S10 C=120 0	Pt= 4,943 Pw= 0,000 Pf= 0,000 Fw= 0,000 Pt= 4,943 Vw= 0,01m/s
40	14,600	q= 0,000 Q= -4,933	50 54,8			47,000 0,000 47,000	S10 C=120 0	Pt= 4,891 Pw= 0,000 Pf= 0,000 Fw= 0,000 Pt= 4,891 Vw= 0,03m/s
41	14,600	q= 0,000 Q= 757,423	50 54,8			18,850 0,000 18,850	S10 C=120 0,062	Pt= 4,839 Pw= 0,000 Pf= -1,174 Fw= 0,143 Pt= 3,666 Vw= 5,35m/s
42	14,600	q= 0,000 Q= 755,438	50 54,8			18,850 0,000 18,850	S10 C=120 0,062	Pt= 4,815 Pw= 0,000 Pf= -1,168 Fw= 0,142 Pt= 3,647 Vw= 5,34m/s
43	14,600	q= 0,000 Q= 754,886	50 54,8			18,850 0,000 18,850	S10 C=120 0,062	Pt= 4,808 Pw= 0,000 Pf= -1,166 Fw= 0,142 Pt= 3,642 Vw= 5,34m/s
71	14,600	q= 0,000 Q= 751,816	50 54,8			19,150 0,000 19,150	S10 C=120 0,061	Pt= 4,840 Pw= 0,000 Pf= -1,176 Fw= 0,141 Pt= 3,664 Vw= 5,31m/s
72	14,600	q= 0,000 Q= 749,950	50 54,8			19,150 0,000 19,150	S10 C=120 0,061	Pt= 4,816 Pw= 0,000 Pf= -1,171 Fw= 0,140 Pt= 3,646 Vw= 5,30m/s
73	14,600	q= 0,000 Q= 749,432	50 54,8			19,150 0,000 19,150	S10 C=120 0,061	Pt= 4,810 Pw= 0,000 Pf= -1,169 Fw= 0,140 Pt= 3,641 Vw= 5,30m/s

Pipe Information, cont.

Node 1	Elev [M]	K-factor	Discharge & Flow [lpm]	Nom L.d. [mm]	Fittings num & length [M]	L [M] F [M] T [M]	material C factor bar/m	Pressure Summary [bar]
Node 2								
101	14,600	200	Q= 374,166 Q= 380,720	50 54,8		3,000 0,000	S10 C=120	Pt= 3,642 Pa= 0,000 Pz= -0,052 Pv= 0,036
104	14,600					3,000	0,017	Pt= 3,590 V= 2,69m/s
102	14,600	200	Q= 374,432 Q= 381,006	50 54,8		3,000 0,000	S10 C=120	Pt= 3,647 Pa= 0,000 Pz= -0,052 Pv= 0,036
105	14,600					3,000	0,017	Pt= 3,595 V= 2,69m/s
103	14,600	200	Q= 375,389 Q= 382,034	50 54,8		3,000 0,000	S10 C=120	Pt= 3,666 Pa= 0,000 Pz= -0,053 Pv= 0,036
106	14,600					3,000	0,018	Pt= 3,613 V= 2,70m/s
104	14,600	200	Q= 377,020 Q= 3,700	50 54,8		3,000 0,000	S10 C=120	Pt= 3,590 Pa= 0,000 Pz= 0,000 Pv= 0,000
107	14,600					3,000	0	Pt= 3,590 V= 0,03m/s
105	14,600	200	Q= 377,288 Q= 3,718	50 54,8		3,000 0,000	S10 C=120	Pt= 3,595 Pa= 0,000 Pz= 0,000 Pv= 0,000
108	14,600					3,000	0	Pt= 3,595 V= 0,03m/s
106	14,600	200	Q= 378,254 Q= 3,781	50 54,8		3,000 0,000	S10 C=120	Pt= 3,613 Pa= 0,000 Pz= 0,000 Pv= 0,000
109	14,600					3,000	0	Pt= 3,613 V= 0,03m/s
107	14,600	200	Q= 378,931 Q=378,231	50 54,8		3,000 0,000	S10 C=120	Pt= 3,590 Pa= 0,000 Pz= 0,051 Pv= 0,035
110	14,600					3,000	0,017	Pt= 3,641 V= 2,69m/s
108	14,600	200	Q= 379,201 Q=378,483	50 54,8		3,000 0,000	S10 C=120	Pt= 3,595 Pa= 0,000 Pz= 0,051 Pv= 0,035
111	14,600					3,000	0,017	Pt= 3,646 V= 2,69m/s
109	14,600	200	Q= 380,172 Q=376,391	50 54,8		3,000 0,000	S10 C=120	Pt= 3,613 Pa= 0,000 Pz= 0,051 Pv= 0,035
112	14,600					3,000	0,017	Pt= 3,664 V= 2,66m/s

Material Codes

Pipe Material
S10 - Schedule 10 Steel

Fittings
C - Check Valve
E - Standard 90 degree elbow
G - Gate Valve
TH - Tee - Straight thru path

