

ANÁLISE DE RISCOS E PROTEÇÃO POR SISTEMAS DE SPRINKLERS/DILÚVIO PARA TORRES DE RESFRIAMENTO.

Gabriel Hideki Gonzalez Shimada¹; Pedro Frare Zem¹
Cristina das Graças Fassina²
Universidade São Francisco
gabriel.s.engenharia@gmail.com

¹Alunos do Curso de Engenharia Civil, Universidade São Francisco; Campus de Itatiba

²Professora Orientadora do artigo de graduação, Curso de Engenharia Civil, Universidade São Francisco; Campus de Itatiba.

Resumo. Esse estudo proposto aborda a vital importância de sistemas de proteção contra incêndio em torres de resfriamento por sprinklers/dilúvio, protegendo a vida humana e o patrimônio das empresas. A ênfase recai na conformidade com a norma americana “National Fire Protection Association” (NFPA) 214 – Standard on Water-Cooling Towers, como referência para a implementação eficaz desses sistemas de proteção. O estudo destaca a integração cuidadosa desses sistemas para garantir uma resposta rápida e eficiente em situações críticas, contribuindo assim para um ambiente mais seguro e protegido.

Palavras-chave: Proteção Contra Incêndio, Sprinklers, Dilúvio, Torres de Resfriamento.

Introdução

Desde os primórdios da civilização, o fogo foi tanto uma dádiva quanto um desafio, moldando a trajetória da humanidade de maneiras inimagináveis. Seja na forja das primeiras ferramentas, no preparo de alimentos, ou na criação de comunidades em torno de sua luz durante as noites escuras, o fogo é indiscutivelmente vital e faz parte da narrativa da nossa existência. Ele se tornou totalmente necessário para o desenvolvimento cultural e tecnológico, permitindo a domesticação de elementos da natureza para o benefício humano. O controle do fogo marcou um ponto de virada, impulsionando a evolução social, a criação de sociedades mais complexas e a capacidade de enfrentar ambientes desafiadores. No entanto, a usabilidade do fogo também é evidente em suas capacidades destrutivas, como testemunhamos em incêndios devastadores. Essa ambivalência destaca a necessidade contínua de compreender, respeitar e gerenciar essa força elementar através de sistemas que consistem em prevenir e combater incêndios. Para Gomes (2014, p. 14) “A Prevenção e Combate a Incêndios surgiu já na pré-história, quando o homem começou a utilizar o fogo para as mais variadas atividades: aquecimento, preparo de alimentos, têmpera de metais, etc.”

A segurança contra incêndios é uma preocupação fundamental em ambientes construídos, industriais e comerciais. Para assegurar a proteção de vidas, propriedades e operações, a elaboração de um projeto de incêndio torna-se imperativa. Este projeto apresenta uma abordagem sistemática e estratégica para prevenção, detecção, controle e mitigação dos riscos associados a incêndios. Para Gomes (2014, p. 14) “Com o intuito de proteger-se, uma série de medidas de combate ao fogo foram sendo adotadas, bem como o desenvolvimento de novos equipamentos, novas técnicas e o mais importante, novas legislações e constantes atualizações das mesmas.”

O projeto de combate e controle de incêndios pode ser desenvolvido por um engenheiro civil, arquiteto e engenheiro de segurança do trabalho, ele abrange desde a análise detalhada de riscos até a implementação de sistemas e medidas concretas.

Uma torre de resfriamento é uma estrutura fundamental em processos industriais que demandam a dissipação controlada de calor. Projetada para remover o excesso de calor gerado por sistemas de refrigeração, essa engenharia proporciona eficiência térmica ao promover a troca de calor entre a água aquecida pelo processo industrial e o ambiente. Como mencionado por Patricio e colaboradores (2017), as torres de resfriamento estão presentes na maioria dos processos industriais do país, seu funcionamento é basicamente a transferência simultânea de calor entre água e ar atmosférico.

A torre de resfriamento, juntamente com outros equipamentos industriais, como transportadores de correia, muitas das vezes são equipamentos esquecidos na hora da elaboração de um plano e sistema de prevenção e proteção contra incêndios. Isso ocorre em países como Brasil e Espanha, onde as normas e leis existentes, englobam de forma geral a proteção industrial e não especificamente a equipamentos e processos. Para a proteção de uma torre de resfriamento de acordo com a norma americana “National Fire Protection Association” (NFPA) 214 – Standard on Water-Cooling Towers, deve ser feita através de um sistema de dilúvio com spray de água em estruturas que sejam feitas de materiais combustíveis, que acontece na maioria dos casos, sendo dispensável o sistema para torres que são construídas sob materiais incombustíveis.

Investir em um sistema de dilúvio para uma torre de resfriamento representa uma estratégia crucial para a segurança e integridade de instalações industriais. Esses sistemas, conhecidos por sua eficácia no combate a incêndios, desempenham um papel fundamental na proteção de ativos valiosos e na garantia da segurança do ambiente de trabalho. A instalação de um sistema de dilúvio não apenas atende a normas rigorosas de segurança, mas também proporciona tranquilidade ao mitigar riscos potenciais. Essa tecnologia contribui para a prevenção e resposta eficaz a incêndios em torres de resfriamento, elevando os padrões de segurança e proteção em ambientes industriais.

O objetivo desse estudo é analisar e propor um sistema de proteção por meio de dilúvio/sprinklers em torres de resfriamento, destacando os componentes e tecnologias a serem empregados. Além disso, busca-se avaliar o impacto do sistema na mitigação de danos ao patrimônio e na redução do tempo de inatividade das torres.

Referencial teórico

A jornada humana pode ser demarcada em duas fases distintas: o antes e o depois da descoberta e manipulação do fogo. O fogo, uma forma de energia que o ser humano sempre buscou dominar, revela-se como uma das forças mais destrutivas da natureza, porém, paradoxalmente, é essencial para a sobrevivência humana. Contudo, quando foge ao controle, pode se tornar uma força letal.

O fogo se revela como uma reação química intrigante, desencadeada pela rápida oxidação do material combustível em contato com o oxigênio presente no ar. Essa reação é iniciada por uma fonte de calor, podendo ser uma chama, fagulha ou até mesmo o contato com uma superfície aquecida.

A combustão, termo utilizado para descrever o fogo, configura-se como uma reação exotérmica, liberando calor durante seu processo. Este calor gerado tem o poder de iniciar e sustentar a característica chama do fogo. Além da chama visível, o fogo engendra outros efeitos notáveis. A fumaça é um desses efeitos, sendo formada pela emissão de partículas sólidas e gases provenientes da queima do material combustível. Essas partículas e gases podem variar, dependendo do tipo de combustível envolvido, apresentando-se em alguns casos como substâncias tóxicas ou poluentes.

Os resíduos resultantes da combustão também integram o cenário do fogo, manifestando-se na forma de cinzas, carvão, fragmentos de materiais queimados, entre outros.

Esses resíduos podem ser altamente prejudiciais ao ambiente e à saúde humana, variando conforme a natureza do material combustível.

A compreensão das propriedades do fogo e de seus comportamentos é crucial para implementar medidas preventivas e desenvolver estratégias eficazes de combate, assegurando, assim, a preservação de vidas, propriedades e do meio ambiente.

Funcionamento do fogo

Para Telmo Brentano (Brentano, 2010) O fogo pode ser denominado também como combustão, que é uma reação exotérmica, sendo que para que ocorra o fenômeno do fogo, deve haver a ocorrência simultânea de quatro elementos essenciais, que são: Combustível, comburente, calor e reação em cadeia. Que tem as seguintes características:

- Combustível: São os materiais propensos a combustão, ou seja, são aqueles que alimentam e serão consumidos pelo fogo, podem ser apresentados nas formas: sólida, líquida e gasosa.
- Comburente (Oxigênio): Comburente é um agente químico que participa ativamente no processo de combustão, fornecendo o oxigênio necessário para a reação. Em termos simples, é a substância que se combina com um combustível durante a queima. No contexto do fogo, o comburente é muitas vezes representado pelo oxigênio presente no ar atmosférico.
- Calor: O calor refere-se à forma de energia liberada durante o processo de combustão. Quando um material combustível reage com um comburente (geralmente oxigênio do ar) e ocorre a combustão, essa reação química é exotérmica, o que significa que libera calor.
- Reação em cadeia: É uma transferência de calor que ocorre de uma molécula do material em combustão para uma molécula vizinha, que ainda está intacta. Essa molécula é aquecida e entra em combustão, e o processo se repete sucessivamente até que todo o material esteja em chamas.

A combinação desses 4 elementos é conhecida como tetraedro do fogo.

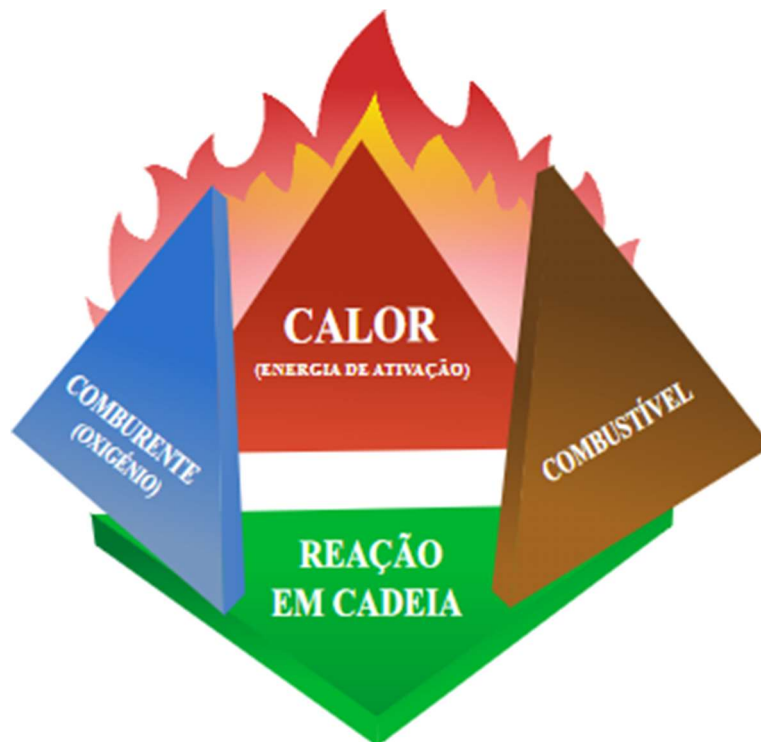


Figura 1 – Tetraedro do fogo

Extinção do fogo

Para Gomes (2014, p. 19) “A condição imprescindível para ocorrer o surgimento do fogo é a união dos elementos de combustível”. A extinção ocorre ao remover um desses elementos, impedindo a continuidade do fogo. Existem quatro métodos fundamentais de extinção:

- **Resfriamento:** Método eficaz que controla e extingue as chamas, reduzindo a temperatura do material em combustão por meio da aplicação de agentes resfriadores, como água ou substâncias químicas. Ao diminuir a temperatura, interrompe-se o ciclo de combustão, limitando o oxigênio e reduzindo a produção de vapores inflamáveis. Essa abordagem suprime as chamas e controla a propagação do fogo de forma eficiente.
- **Abafamento:** Método eficaz que controla e extingue as chamas, limitando o acesso do oxigênio necessário para a combustão. Consiste em cobrir o fogo com materiais, como cobertores ou agentes abafadores, que impedem a entrada de ar. Ao restringir o oxigênio, interrompe-se o ciclo de combustão, levando à extinção do incêndio. É particularmente útil em incêndios com materiais sólidos.
- **Isolamento:** Estratégia que contém ou impede a propagação das chamas e calor para áreas adjacentes, através da criação de barreiras físicas ou materiais resistentes ao fogo. Materiais isolantes, como cortinas corta-fogo, portas resistentes ao fogo e paredes intumescentes, são comumente usados para criar uma barreira eficaz contra a disseminação do incêndio. Essa abordagem protege áreas não afetadas e facilita evacuações seguras.
- **Interrupção da reação em cadeia:** Estratégia crucial para controlar e extinguir as chamas. Visa quebrar o ciclo autossustentável da combustão, onde a energia liberada pelo fogo alimenta continuamente a reação. Agentes extintores, como pós químicos ou substâncias inibidoras, são empregados para interferir na reação química em cadeia, extinguindo as chamas, resfriando o material combustível e reduzindo o oxigênio disponível. A interrupção da reação em cadeia é fundamental para conter eficazmente o incêndio, prevenindo sua expansão descontrolada.

Incêndios históricos

a) Gran Circus Norte Americano (1961)

O incêndio no Gran Circus marcou uma das maiores tragédias na história do Brasil, resultando em 503 mortos, sendo 372 no local. Provocado por um ex-funcionário, Adílson Marcelino Alves, conhecido como Dequinha, o fogo teve origem criminosa. O circo alegava ter a tenda mais moderna, feita de nylon, mas a lona revestida de parafina, altamente inflamável, contribuiu para a tragédia. A comoção foi intensa, especialmente pela quantidade de vítimas infantis, e os hospitais do Rio de Janeiro ficaram sobrecarregados durante uma greve médica. A falta de planos de combate a incêndios e rotas de fuga agravou a situação, resultando em um colapso na saúde e nos serviços funerários. Um cemitério teve que ser inaugurado rapidamente para as vítimas.

b) Boate Kiss (2013)

Em janeiro de 2013, a Boate Kiss em Santa Maria, Rio Grande do Sul, testemunhou o segundo maior incêndio na história do Brasil, resultando em 242 mortes e 636 feridos. A tragédia foi desencadeada por um sinalizador disparado durante um show, provocando chamas na espuma de isolamento acústico. A falta de medidas de combate a incêndios e comunicação deficiente entre os seguranças agravaram a situação. A boate operava com superlotação, alvará

vencido e sem um plano de prevenção e combate a incêndios. Em 2021, após oito anos, os responsáveis foram condenados a penas de 18 a 22 anos de reclusão. A tragédia destacou a importância da conformidade com normas de segurança e planos eficientes para evitar perdas humanas.

Incêndios em torres de resfriamento



Figura 2 – Incêndio em torre de resfriamento

a) Hospital Santa Luzia – Distrito Federal (2020)

Em agosto de 2020, os pacientes internados no hospital Santa Luzia no Distrito Federal tiveram que ser retirados às pressas de seus quartos após o início de um incêndio em um conjunto de torres de resfriamento no 5º andar do edifício. No total, foram 80 militares e 24 viaturas do corpo de bombeiros do Distrito Federal que atuaram na ocorrência para conter o fogo nas torres. Felizmente não houve nenhum ferido.

b) Instituto do Coração – São Paulo (2023)

Em agosto de 2023, no Instituto do Coração da capital paulista houve um incêndio nas torres de resfriamento, os pacientes internados próximo as torres de resfriamento foram realocados devido ao ocorrido. O princípio do incêndio ocorreu em uma manutenção por solda a quente no equipamento que logo se encontrava totalmente em chamas, sendo necessário a ação rápida do corpo de bombeiros, que rapidamente conteve o incêndio e felizmente não houve nenhum ferido.

Normas técnicas de incêndio

Nos países que tem como leis a proteção e combate contra incêndio, são estabelecidos requisitos mínimos para os projetos de sistemas visando prevenção de perdas materiais, mas principalmente a preservação de vidas em emergências com incêndios.

a) *Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT)*

As normas nacionais de incêndio são formadas por diretrizes e requisitos estabelecidos pelos órgãos competentes para garantir a segurança contra incêndios em diferentes tipos de edificações e ambientes. Essas normas são desenvolvidas com base em padrões técnicos e científicos, com o objetivo principal de prevenir incêndios, minimizar seus impactos e assegurar a proteção de vidas e propriedades.

A ABNT atua como um organismo nacional de normalização, promovendo a criação e revisão constante de normas que abrangem diferentes aspectos da segurança contra incêndios. Essas normas são desenvolvidas por comitês técnicos compostos por especialistas, profissionais da área e representantes de diversos setores relacionados à segurança e construção civil. A elaboração dessas normas pela ABNT é crucial por diversos motivos:

- **Padronização:** A ABNT estabelece padrões técnicos que promovem a uniformidade na concepção e implementação de medidas de prevenção e combate a incêndios. Isso contribui para a consistência e eficácia das práticas adotadas em todo o país.
- **Segurança:** As normas da ABNT visam garantir níveis adequados de segurança contra incêndios em diferentes tipos de edificações, desde residências até grandes complexos industriais. Elas abordam aspectos como sistemas de detecção, saídas de emergência, sinalização, equipamentos de combate a incêndio, entre outros.
- **Profissionalismo:** Ao seguir as normas da ABNT, profissionais da área, como engenheiros, arquitetos e bombeiros, têm diretrizes técnicas confiáveis para orientar suas práticas, promovendo um ambiente construtivo profissional e responsável.
- **Legislação:** Muitas vezes, as normas da ABNT servem como base para a elaboração de regulamentações e leis relacionadas à segurança contra incêndios. Isso cria uma base legal sólida que respalda as práticas de prevenção e controle.
- **Inovação:** A revisão constante das normas permite que elas se mantenham atualizadas em relação a novas tecnologias, materiais e práticas de segurança. Isso incentiva a inovação e a adoção de abordagens mais eficazes ao longo do tempo.

A ABNT desempenha um papel crucial na promoção da segurança contra incêndios no Brasil, fornecendo diretrizes técnicas que contribuem significativamente para a proteção da vida e do patrimônio. O compromisso contínuo da ABNT com a excelência técnica é fundamental para enfrentar os desafios em constante evolução associados à segurança contra incêndios.

b) *Instruções Técnicas (IT's)*

As Instruções Técnicas do Corpo de Bombeiros são documentos fundamentais que estabelecem diretrizes e requisitos técnicos para prevenção e combate a incêndios, visando a segurança de edificações e seus ocupantes. Estas instruções são elaboradas com base em normas técnicas e experiência prática, sendo essenciais para garantir que as edificações estejam em conformidade com padrões de segurança contra incêndios.

Essas instruções são essenciais para orientar profissionais da área de segurança, engenheiros, arquitetos e gestores de edificações na concepção, construção e manutenção de ambientes seguros. O não cumprimento dessas diretrizes pode resultar em riscos significativos para a segurança e em possíveis consequências legais.

Cada estado no Brasil possui suas próprias instruções/normas técnicas, porém, todas elas são extremamente parecidas e algumas até cópia das normas do estado de São Paulo que

foi o pioneiro na criação dessas instruções.

É importante notar que, embora essas instruções tenham um foco primordial na preservação de vidas e na segurança estrutural, elas não se concentram intensivamente na proteção de equipamentos. Dessa forma, não exigem especificamente sistemas de combate a incêndios voltados para equipamentos como torres de resfriamento.

Essa abordagem reflete a alta prioridade dada à segurança humana e à integridade das construções, reconhecendo que, em muitos casos, a proteção de equipamentos pode ser abordada por meio de outras normas específicas ou práticas internas das organizações.

c) National Fire Protection Association (NFPA)

A National Fire Protection Association (NFPA) é uma organização sem fins lucrativos dos Estados Unidos dedicada à promoção da segurança contra incêndios e outros riscos relacionados. Fundada em 1896, a NFPA desenvolve códigos, padrões e normas técnicas abrangentes para orientar práticas seguras em uma variedade de setores.

Os códigos e padrões da NFPA abrangem uma ampla gama de tópicos, incluindo prevenção de incêndios, proteção contra riscos elétricos, sistemas de sprinklers, equipamentos de segurança, veículos de emergência e muito mais. Esses documentos são reconhecidos internacionalmente e influenciam as práticas de segurança em todo o mundo.

A NFPA também fornece treinamentos, recursos educacionais e realiza conferências para profissionais da área de segurança, bombeiros, engenheiros e outros interessados em práticas seguras.

Comparado as normas brasileiras a NFPA é mais completa, pois além de prever proteção para edificações, ela engloba equipamentos.

a) NFPA 20 – Standard for the installation of stationary pumps for fire protection (Norma para instalação de bombas estacionárias para proteção contra incêndio)

A NFPA 20 é uma norma desenvolvida pela National Fire Protection Association (NFPA) que estabelece requisitos gerais para instalação de sistemas de bombas de combate a incêndios. Ela abrange aspectos como a seleção e localização das bombas, requisitos elétricos, controle e monitoramento do sistema. O objetivo principal da NFPA 20 é garantir que os sistemas de bombas de combate a incêndios sejam projetados e instalados de maneira segura e eficaz, proporcionando uma resposta eficaz em caso de incêndio. O padrão é amplamente reconhecido e seguido internacionalmente.

b) NFPA 214 – Standard on Water-Cooling Tower (Proteção para torres de resfriamento de água padrão).

A NFPA 214 é uma norma desenvolvida pela National Fire Protection Association (NFPA) que trata especificamente dos requisitos de segurança contra incêndios para torres de resfriamento. Essa norma estabelece diretrizes e padrões para garantir a proteção adequada contra riscos de incêndio associados a essas estruturas.

Os principais aspectos abordados por essa incluem sistemas de combate a incêndio e requisitos de projeto, cálculo e instalação. O objetivo é garantir que as torres de resfriamento sejam mantidas de maneira a minimizar os riscos de incêndio e facilitar a resposta eficaz em caso de emergência.

A norma estabelece que para as torres de resfriamento que tem sua estrutura feita com materiais incombustíveis como lã de rocha e lã de vidro, não necessitam ser protegidas por sistemas de combate a incêndio pela sua baixa capacidade de propagar o incêndio, que dificulta

o fogo se espalhar por toda a torre em caso de um foco pequeno.

Para as torres de resfriamento que são instaladas sob materiais que tem alta capacidade de propagação do fogo (combustíveis), a norma especifica quais tipos de sistema de proteção deve ser instalado na torre para que em caso de incêndio o sistema atue com os parâmetros necessários para abafar e apagar o fogo.

Torres de resfriamento

Uma torre de resfriamento é um componente essencial em muitos sistemas de refrigeração industrial e de climatização, projetada para dissipar o calor gerado em processos industriais ou nos sistemas de ar-condicionado. Seu funcionamento é baseado no princípio da troca de calor por meio da evaporação da água. A eficácia do processo feito por uma torre de resfriamento, se faz pôr as seguintes etapas:

- Circulação de água quente: O processo começa quando água quente, proveniente de algum equipamento ou processo industrial, é enviada para a torre de resfriamento;
- Bicos de distribuição: Dentro da torre, a água quente é distribuída por meio de bicos ou tubos perfurados. Esses dispositivos garantem uma distribuição uniforme da água sobre a superfície de enchimento da torre.
- Enchimento da torre: A torre contém um enchimento, geralmente constituído por material plástico ou metálico com formas que proporcionam uma ampla área de superfície. Esse enchimento permite que a água seja exposta ao máximo possível ao fluxo de ar.
- Contato com o ar: À medida que a água escorre pelo enchimento, ela entra em contato com uma corrente ascendente de ar fresco que entra na torre. Esse ar é normalmente induzido por um ventilador localizado na parte superior da torre.
- Processo de evaporação: A água quente entra em contato com o ar, provocando a evaporação. Durante a evaporação, ocorre a transferência de calor da água para o ar, resultando no resfriamento da água.
- Liberação de vapor de água: Como resultado do processo de evaporação, o vapor de água sobe pela torre. Este vapor, que agora contém menos calor, é liberado na atmosfera.
- Água resfriada é recolhida: A água resfriada é coletada na parte inferior da torre e pode ser mandada novamente para o processo industrial ou para o sistema de ar-condicionado, fechando o ciclo.
- Controle da temperatura: O sistema pode ser equipado com controles automáticos para ajustar o fluxo de água e a velocidade do ventilador, otimizando a eficiência do resfriamento em diferentes condições.

O processo de evaporação é fundamental na operação das torres de resfriamento, pois permite a transferência eficiente de calor para o ambiente. Podemos observar que, além da importância dos sistemas de proteção contra incêndio em torres de resfriamento, há também uma preocupação crescente com a escassez de água e a preservação do meio ambiente. Como mencionado por (CORTINOVIS, SONG, 2005,P1) “Devido à sua crescente escassez e preocupação com o meio ambiente, além de motivos econômicos, a água 'quente' que sai desses resfriadores deve ser reaproveitada.”, é importante ressaltar que a coleta e reutilização dessa água resfriada pode ser feita por meio de um sistema de recirculação, que fecha o ciclo e otimiza a eficiência do resfriamento em diferentes condições

Esse método é eficaz e economicamente viável, tornando as torres de resfriamento um componente valioso em uma variedade de aplicações industriais e comerciais, sendo a mais compensatória financeiramente.

Sistema de combate a incêndio por sprinklers

Um sistema de sprinklers é um dos mais importantes dos sistemas de combate a incêndios, desenvolvido para detectar e conter incêndios de maneira eficaz. Este sistema opera por meio de bicos automáticos que são ativados quando detectam calor com seu elemento termo-sensível. Diferentemente de outros sistemas que inundam uma área inteira, os sprinklers são projetados para uma ativação seletiva. Cada bico é acionado individualmente, liberando água sobre a área afetada, o que ajuda a controlar ou extinguir o incêndio na área do foco.

Esses sistemas são frequentemente integrados a alarmes de incêndio para alertar as pessoas e a brigada de incêndio sobre a situação a partir do momento em que há um fluxo de água na tubulação. A eficácia dos sistemas de sprinklers reside na sua capacidade de oferecer uma resposta rápida e localizada. São amplamente utilizados em edifícios comerciais, residenciais, industriais, armazéns e equipamentos, os sistemas de sprinklers desempenham um papel crucial na proteção contra incêndios e na segurança de pessoas e propriedades.



Figura 3 – Sprinkler

Sistema de dilúvio

O sistema de dilúvio é um tipo específico de sistema de combate a incêndios projetado para proporcionar uma resposta rápida e abrangente em caso de emergência. Ao contrário dos sistemas de sprinklers, que são ativados seletivamente, os sistemas de dilúvio são projetados para inundar completamente uma área específica com água ou agente extintor. O sistema de dilúvio funciona da seguinte forma:

- Válvula de dilúvio: O sistema é comandado por uma válvula de dilúvio, que em condições normais, permanece fechada, impedindo o fluxo de água. Quando um incêndio é detectado, um sinal é enviado para a válvula que libera a água.
- Detecção de Incêndio: O sistema opera por meio da detecção de sinais de incêndio, podendo utilizar detectores de fumaça ou temperatura, quando esses detectores identificam uma condição de incêndio, enviam um sinal para o painel de alarme, que encaminha o sinal para a válvula de dilúvio, iniciando a liberação da água. Alternativamente, pode-se usar sistemas de sprinklers, utiliza-se bicos equipados com elementos termo-sensíveis. Se esses elementos se rompem devido ao calor, ativam o pressostato na válvula, desencadeando a liberação da água.
- Ativação geral: Ao contrário dos sprinklers, que são acionados seletivamente, o sistema de dilúvio é projetado para uma ativação geral. Todos os aspersores ou bicos de descarga são ativados simultaneamente.
- Enchimento da área: A água é liberada por meio de aspersores ou bicos de descarga estrategicamente posicionados na área protegida. Isso cria um “dilúvio” de água que cobre completamente o espaço.

Esse tipo de sistema é frequentemente utilizado em edificações ou equipamentos em que a propagação do fogo é rápida, proporcionando uma resposta eficaz e imediata. Após a ativação, o sistema de dilúvio pode ser reiniciado e recarregado para futuras operações, garantindo a prontidão contínua do sistema de combate a incêndios.

Os sistemas de dilúvio são especialmente adequados para ambientes onde é crucial uma resposta rápida e abrangente, como instalações industriais, salas de máquinas, equipamentos como esteiras transportadoras, turbo geradores e torres de resfriamento, e outras áreas de alto risco. A escolha do tipo de detecção, bem como os tipos de bicos de sprinklers ou aspersores dependem das características do local e dos riscos específicos de incêndio.



Figura 4 – Projetor

Sistema de pressurização de água para rede de incêndio

O sistema de pressurização de água para rede de incêndio é feito através de uma casa de bombas. É uma solução essencial para garantir a eficácia das medidas de segurança em edifícios comerciais e industriais. Este sistema, integrado ao sistema de combate a incêndios, é projetado para criar e manter pressão positiva na rede durante uma emergência, contribuindo significativamente para a segurança dos ocupantes e facilitando as operações dos bombeiros.

O sistema entra em operação quando algum componente da rede de combate a incêndios como hidrantes, sprinklers ou dilúvio é ativado. Após a ativação dos sistemas de controle e combate, acontece uma depressurização que aciona um pressostato conectado à tubulação. Este pressostato envia um sinal para o painel da casa de bombas, que inicia automaticamente a bomba de incêndio. Com a bomba de incêndio funcionando, o sistema que foi dimensionado para controlar ou extinguir o fogo recebe a vazão e pressão necessária para o funcionamento eficaz.

A vazão e pressão da bomba de incêndio é determinada pelo cálculo hidráulico que compõe os projetos dos sistemas da rede de incêndio, devendo atender ao sistema que mais necessitar e conseqüentemente atender ao todo.

Material e Métodos

Estudo de caso – Projeto de sistema de dilúvio/sprinklers em torres de resfriamento

Neste estudo de caso, procedeu-se a implementação de um projeto de sistema de dilúvio/sprinklers para torres de resfriamento com tubulação seca. A utilização desse sistema se mostra crucial não apenas para a segurança do local, mas também para a proteção dos ativos e das operações essenciais, pois com um equipamento como esse sem funcionamento pode ocasionar uma parada na produção de uma empresa que terá um enorme prejuízo. Ao examinar os detalhes do projeto, desde a escolha dos componentes até a integração do sistema, pode-se

compreender melhor como essa solução específica foi projetada e implementada para mitigar riscos significativos associados a incêndios em torres de resfriamento.

a) Critérios de projeto conforme NFPA 214

O sistema de dilúvio deve proteger toda a estrutura incombustível da torre:

No lado externo foram utilizados bicos de pulverização com angulação de 180° no espaço entre o ventilador e a entrada de ar acima da bacia de água com uma densidade de 20 mm/min (LPM/m²) de forma que a área de cobertura de 180° do projetor proteja toda a estrutura.

No interior da torre foram usados bicos de sprinklers abertos com fator K (fator de descarga) de 8 GPM/psi^{1/2} (115,2 LPM/bar^{1/2}) e uma densidade de 14 mm/min (LPM/m²) a no máximo 300 milímetros da parede interna e 300 milímetros o topo na linha da lateral da torre e com um espaçamento entre eles de 3 metros, seguindo as especificações da NFPA 13 – Standard for the Installation of Sprinkler Systems (Norma para Instalação de Sistemas de Sprinklers).

Para a detecção do sistema de dilúvio foi utilizado um sistema de sprinkler onde a única função é ativar o pressostato presente na válvula de dilúvio no momento em que o elemento termo-sensível do bico de sprinkler estourar e despressurizar a rede. Foi colocado uma detecção ao lado de cada bico de combate.

Todos os materiais que foram utilizados, são à prova de corrosão.

b) Critérios de cálculo

- Altura da torre.....06,15 m;
- Área a ser protegida.....176,00 m²;
- Classificação de risco..... Torres de Resfriamento (NFPA 214);
- Densidade.....20 mm/min/m² (LPM/m²)
- Pressão mínima.....1,57 bar
- Vazão de hidrante.....1900 LPM
- Modelo do bico de pulverização.....180°
- Fator K do bico de pulverização.....7,3 (103,7)
- Diâmetro do bico de pulverização.....Ø1/2"
- Modelo do bico de sprinkler (combate).....Standard Response (Resposta Normal)
- Fator K do bico de sprinkler (combate).....8,0 (115,2)
- Diâmetro do bico de sprinkler (combate).....Ø3/4"
- Modelo do bico de sprinkler (detecção).....Quick Response (Resposta Rápida)
- Fator K do bico de sprinkler (detecção).....8,0 (115,2)
- Diâmetro do bico de sprinkler (detecção).....Ø3/4"
- Temperatura de operação do bico de sprinkler (detecção).....79°C

c) Softwares utilizados

- BricsCAD Pro: É uma plataforma de software CAD (Computer-Aided Design) que oferece uma variedade de ferramentas para design e modelagem em 2D e 3D. Desenvolvido pela empresa Bricsys, o BricsCAD é conhecido por ser uma alternativa robusta ao AutoCAD, oferecendo compatibilidade com arquivos DWG, além de suportar muitos dos recursos familiares aos usuários de AutoCAD.

Ele abrange diversas áreas, como arquitetura, engenharia e design industrial, proporcionando

uma solução abrangente para profissionais que precisam criar e editar projetos detalhados.

- HRS Systems, inc.: É um software que consegue calcular rapidamente qualquer tipo de sistema hidráulico com precisão, ajudando nos dimensionamentos de sistemas evitando o desperdício de dinheiro em sistemas superdimensionados.

O HRS Systems é pioneiro em software de cálculo hidráulico possuindo homologação NFPA 13, ele é usado no mundo inteiro para cálculo e dimensionamento de sistemas de combate e proteção contra incêndio que necessitam de aprovação de seguradoras de indústrias como a FM Global e a Zurich.

d) Materiais utilizados

- Tubulação: As tubulações adotadas são de aço carbono galvanizado do tipo Schedule 10 (acoplamento) em tubulações de diâmetro maior que Ø1" e tubulação de aço carbono galvanizado do tipo Schedule 40 (rosca) para tubulações de Ø1" (detecção).
- Conexões (tubulação ranhuradas): Acoplamentos, curvas de 90°, redução concêntrica, tampão (cap), tee e tee mecânico.
- Conexões (tubulação roscada): Curva de 90° (cotovelo), luva, tee e bucha de redução.
- Equipamentos referente ao sistema: Válvula de dilúvio, trim com acionamento hidráulico para válvula de dilúvio, pressostato, sprinklers (combate), sprinklers (detecção), aspersores e placa de instruções da válvula de dilúvio.

Resultados e Discussão

Projeto arquitetônico - Implantação – BricsCAD

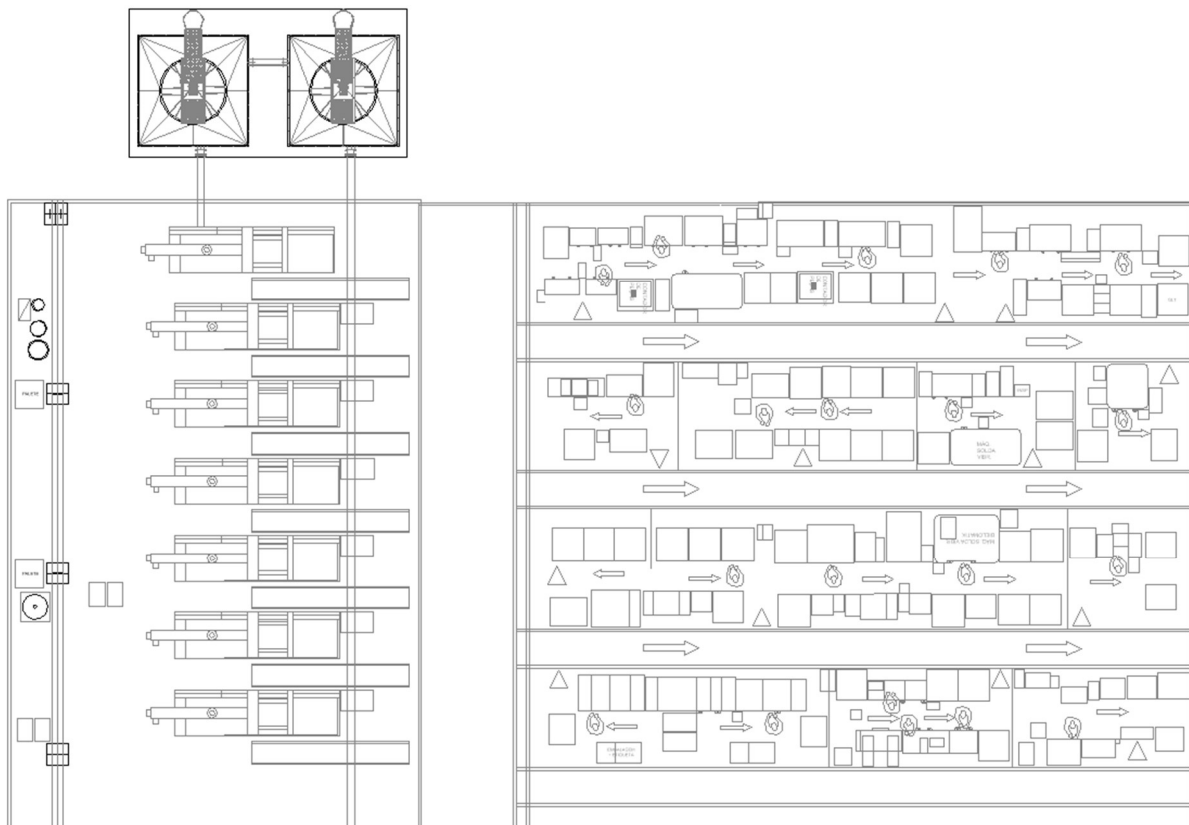


Figura 5 – Planta baixa - Implantação

Projeto do sistema de proteção por dilúvio em um torres de resfriamento – BricsCAD








-  TUBULAÇÃO EM AÇO CARBONO GALVANIZADO
-  VÁLVULA DE DILÚVIO
-  SUBIDA OU DESCIDA DA TUBULAÇÃO
-  SPRINKLER PENDENTE - QR - Ø3/4" - STD K=8,0 (115) - 79°C - DETECÇÃO
-  SPRINKLER PENDENTE - Ø3/4" - STD K=8,0 (115) - SEM BULBO - COMBATE
-  PROJETOR D3 - Ø1/2" - STD K=7,2 (103,7) - TIPO 180° - COMBATE
-  INDICAÇÃO PONTO DE CÁLCULO HIDRÁULICO

Figura 6 – Legenda

a) Projeto – Planta baixa - Proteção externa

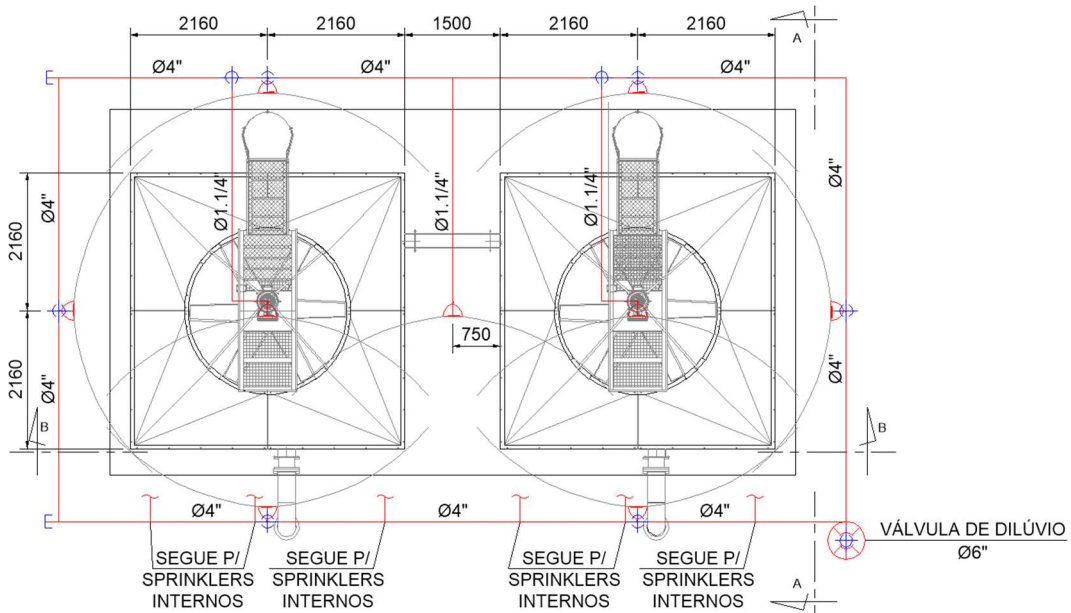


Figura 7 – Proteção externa

b) Projeto – Planta baixa - Proteção interna

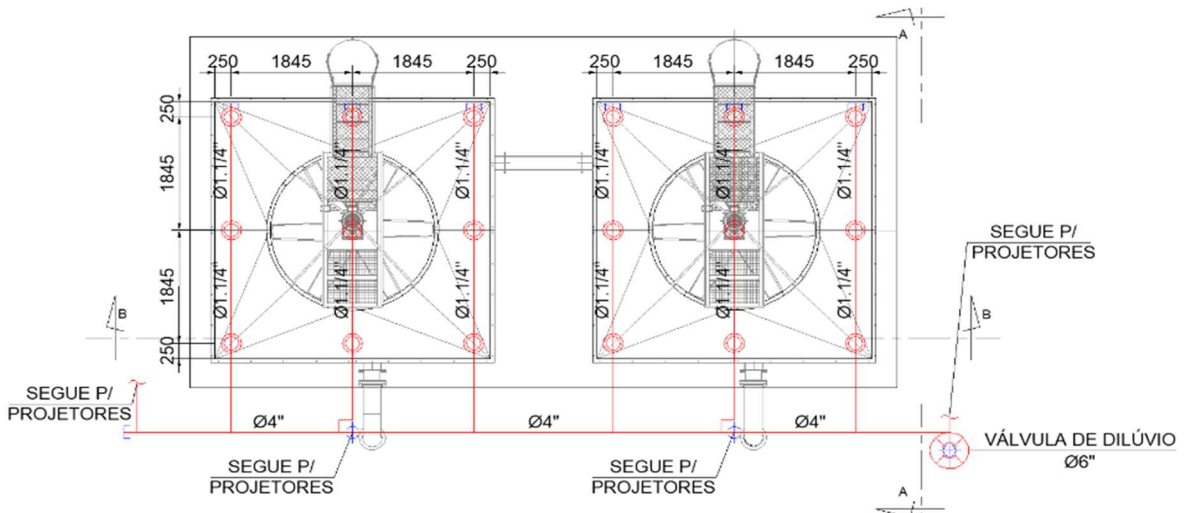


Figura 8 – Proteção interna

c) Projeto – Planta baixa - Detecção externa

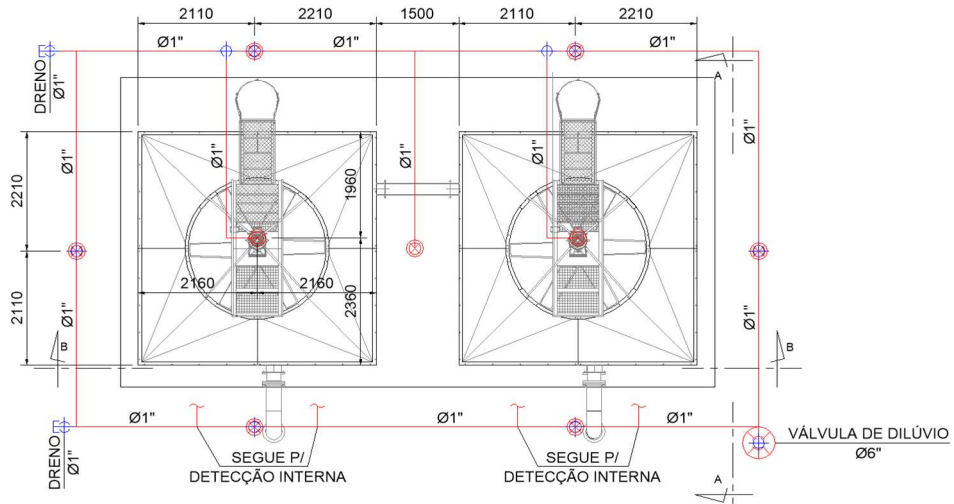


Figura 9 – Detecção externa

d) Projeto – Planta Baixa - Detecção interna

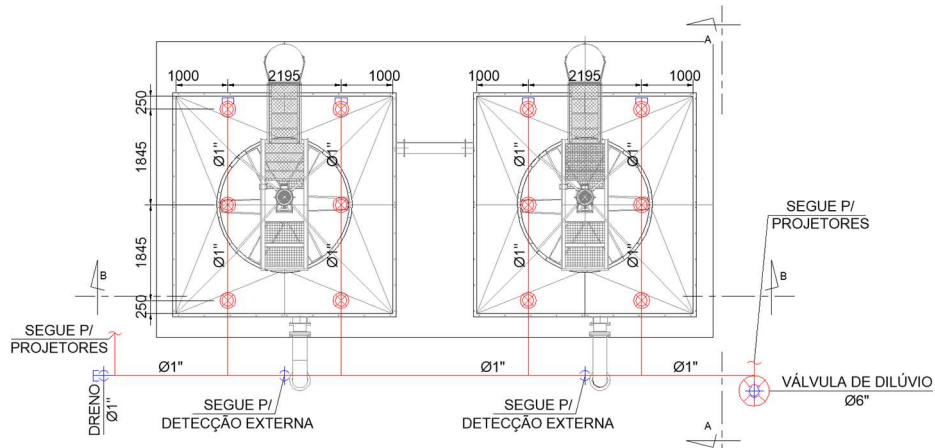


Figura 10 – Detecção interna

e) Projeto – Cortes - Combate

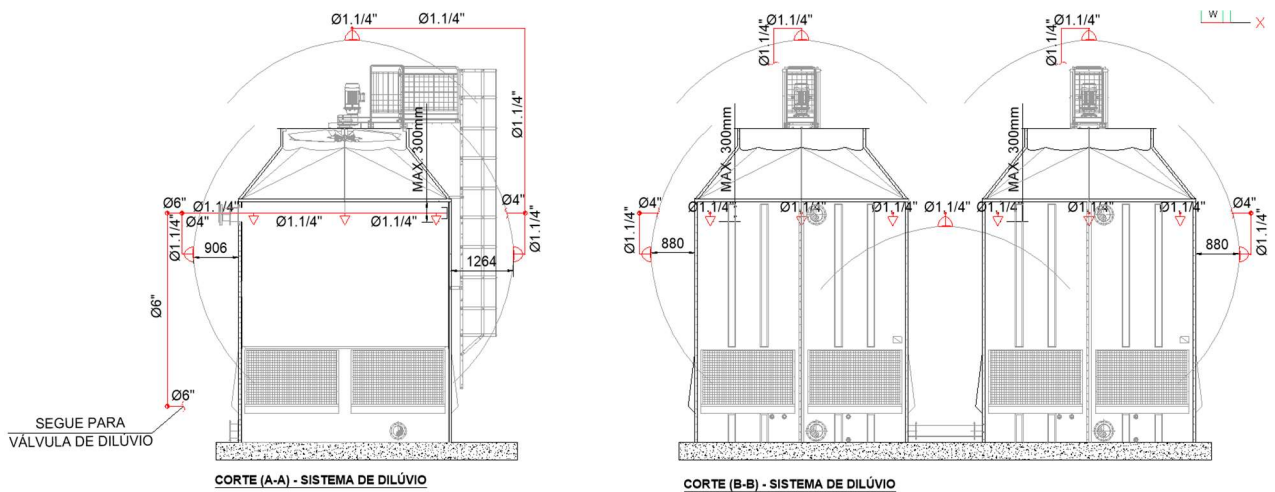


Figura 11 – Cortes - Combate

f) Projeto – Cortes – Detecção

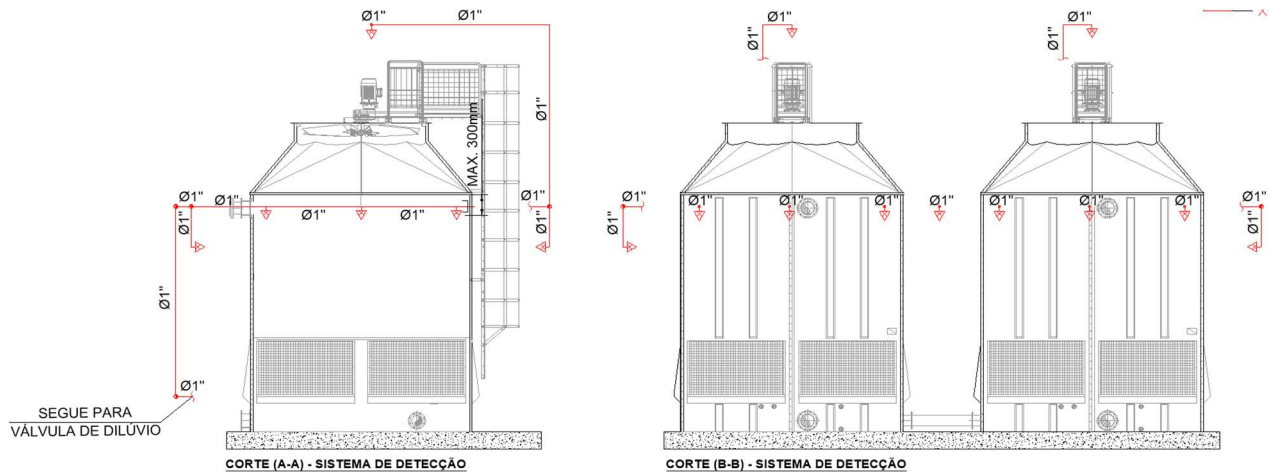


Figura 12 – Cortes - Detecção

g) Projeto – Isométrico – Combate/Detecção

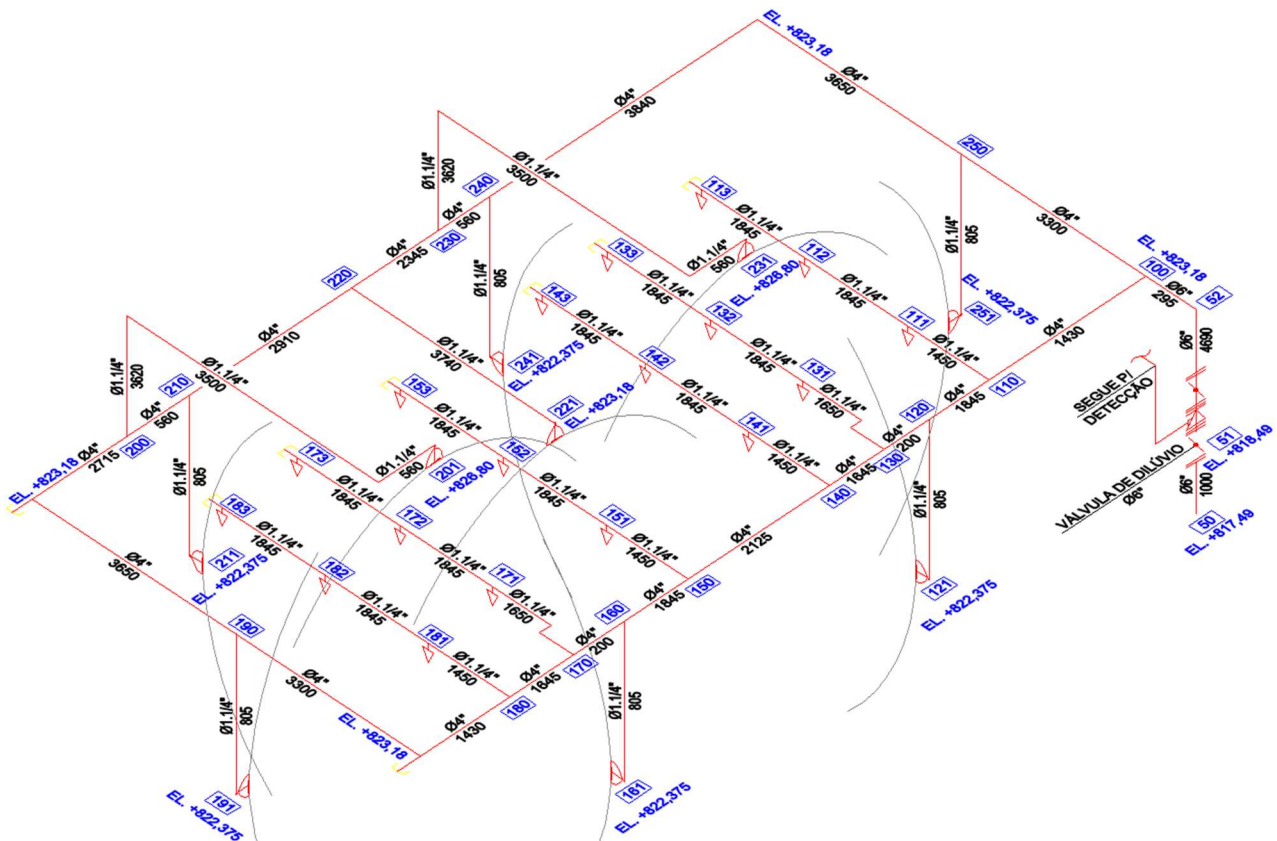


Figura 13 – Isométrico do sistema

O projeto foi concebido seguindo rigorosamente os padrões da NFPA 214, como mencionado anteriormente. Os diâmetros foram dimensionados conforme costumeiro em sistemas desse tipo e foram validados por meio do cálculo hidráulico, que serão detalhadamente apresentados a seguir.

Os drenos foram previstos apenas para a linha de detecção, para possíveis manutenções no sistema, visto que ela se mantém com água para ativar a válvula de dilúvio, enquanto a linha de combate é mantida sem água.

Cálculo hidráulico do sistema de dilúvio – HRS Systems

a) Parâmetros utilizados

Para utilização do software, nós tivemos que imputar alguns dados que são necessários como:

- Dados da bomba: Para esse estudo de caso, foi usado uma bomba de 80 psi (5,516 bar) e 1500 GPM (5.678,1 LPM). De acordo com a NFPA 20, a bomba de incêndio deve conseguir atuar com 150% de sua vazão nominal e pode atuar no máximo com 140% de sua pressão nominal. A pressão estática foi considerada 110% da pressão residual. A configuração do sistema consegue ser modificado em função dos dados da bomba, quanto menor o diâmetro da tubulação mais pressão e vazão o sistema vai necessitar.
- Fator K (coeficiente de descarga): Conforme mencionado acima, do aspersor é 7,2 GPM/psi^{1/2} (103,7 LPM/bar^{1/2}) e do bico de sprinkler é 8 GPM/psi^{1/2} (115,2 LPM/bar^{1/2}).
- Vazão para hidrantes: Conforme indicado acima, a NFPA 214 pede uma vazão de 1900 LPM para combate por hidrantes juntamente ao combate por dilúvio.
- Critério de cálculo: Conforme mencionado acima, a pressão mínima nos bicos é de 1,57 bar.

b) Cálculo hidráulico

Static: 6.068 bar Resid: 5.516 bar Flow: 5678.1 lpm

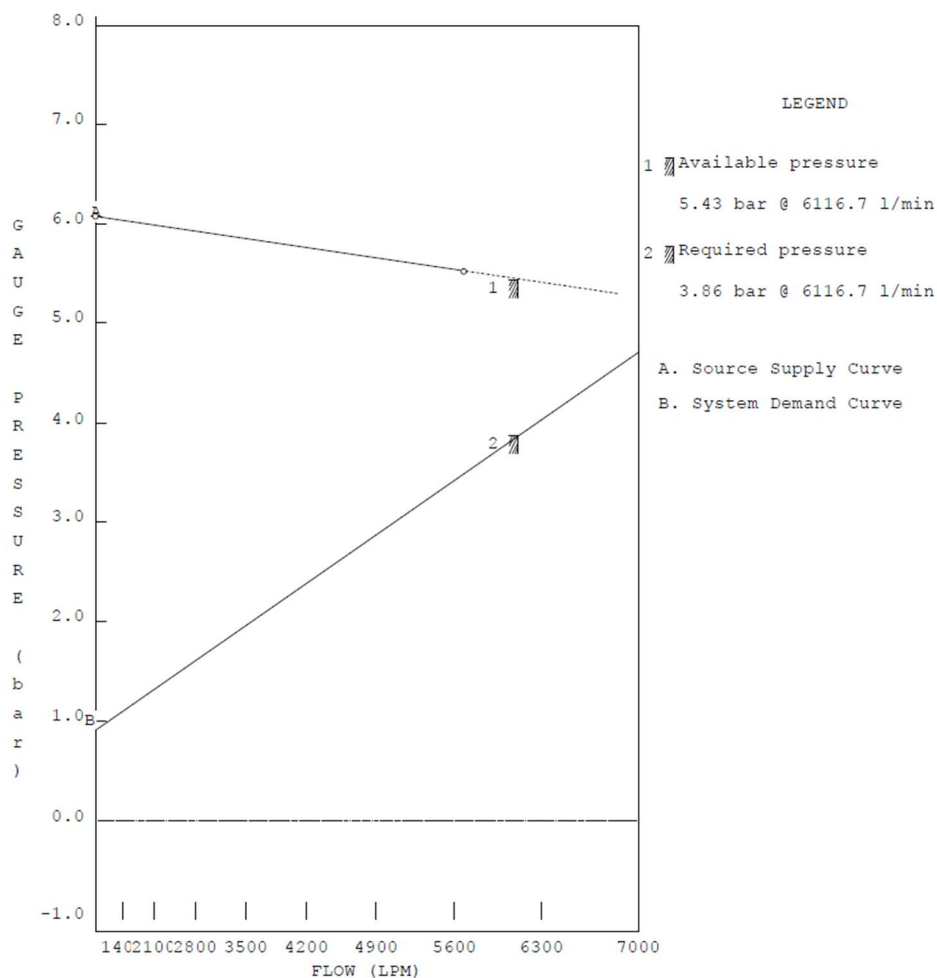


Figura 14 – Resultado - Curva do sistema



NFPA WATER SUPPLY DATA

SOURCE NODE TAG	STATIC PRESS. (BAR)	RESID. PRESS. (BAR)	FLOW @ (LPM)	AVAIL. PRESS. (BAR)	TOTAL @ DEMAND (LPM)	REQ'D PRESS. (BAR)
50	6.07	5.52	5678.1	5.435	6116.7	3.862

AGGREGATE FLOW ANALYSIS:

TOTAL FLOW AT SOURCE	6116.7 LPM
TOTAL HOSE STREAM ALLOWANCE AT SOURCE	0.0 LPM
OTHER HOSE STREAM ALLOWANCES	1900.0 LPM
TOTAL DISCHARGE FROM ACTIVE SPRINKLERS	4216.7 LPM

NODE ANALYSIS DATA

NODE TAG	ELEVATION (M)	NODE TYPE	PRESSURE (BAR)	DISCHARGE (L/MIN)
50	817.49	SOURCE	3.862	6116.7
51	818.49	HOSE STREAM	3.289	1900.0
52	823.18	- - - -	2.752	- - -
100	823.18	- - - -	2.708	- - -
110	823.18	- - - -	2.527	- - -
120	823.18	- - - -	2.503	- - -
130	823.18	- - - -	2.501	- - -
140	823.18	- - - -	2.490	- - -
150	823.18	- - - -	2.484	- - -
160	823.18	- - - -	2.483	- - -
170	823.18	- - - -	2.483	- - -
180	823.18	- - - -	2.483	- - -
190	823.18	- - - -	2.500	- - -
200	823.18	- - - -	2.528	- - -
210	823.18	- - - -	2.530	- - -
220	823.18	- - - -	2.545	- - -
230	823.18	- - - -	2.560	- - -
240	823.18	- - - -	2.564	- - -
250	823.18	- - - -	2.671	- - -
111	823.18	K=115.20	1.995	162.7
112	823.18	K=115.20	1.838	156.2
113	823.18	K=115.20	1.795	154.4
131	823.18	K=115.20	1.759	152.8
132	823.18	K=115.20	1.620	146.6
133	823.18	K=115.20	1.582	144.9
141	823.18	K=115.20	1.965	161.5
142	823.18	K=115.20	1.811	155.0
143	823.18	K=115.20	1.769	153.2
151	823.18	K=115.20	1.960	161.3
152	823.18	K=115.20	1.807	154.8
153	823.18	K=115.20	1.764	153.0
171	823.18	K=115.20	1.746	152.2
172	823.18	K=115.20	1.608	146.1
173	823.18	K=115.20	1.570	144.3
181	823.18	K=115.20	1.960	161.3
182	823.18	K=115.20	1.806	154.8
183	823.18	K=115.20	1.764	153.0
121	822.38	K=103.70	2.523	164.7
161	822.38	K=103.70	2.504	164.1
191	822.38	K=103.70	2.520	164.6
211	822.38	K=103.70	2.550	165.6
241	822.38	K=103.70	2.583	166.7
251	822.38	K=103.70	2.688	170.0
201	826.80	K=103.70	1.962	145.3
231	826.80	K=103.70	1.991	146.3
221	823.18	K=103.70	2.415	161.1

Figura 15 – Resultado – Pontos de cálculo



Esse estudo de caso não foi considerado com casa de bombas, reservatório e rede externa (trecho em que a água passa da casa de bombas até a válvula de dilúvio), portanto, a pressão mínima a ser considerada na válvula de dilúvio é de 3,289 e uma vazão mínima de 4.216,70 LPM (ponto de cálculo 51).

Estimativas de custo

SISTEMA DE DILÚVIO		TOTAL			
Item	Descrição	Unidade	Quantidade	Preço Unitário	Preço total
TUBULAÇÕES DE AÇO CARBONO					
1	Tubo de aço carbono galvanizado com costura tipo SCH-40 de Ø1" (parede 3,38 mm)	barra c/ 06 mts	22	R\$ 215,71	R\$ 4.745,66
2	Tubo de aço carbono galvanizado com costura tipo SCH-10 de Ø1.1/4" (parede 2,77 mm)	barra c/ 06 mts	13	R\$ 258,42	R\$ 3.359,46
3	Tubo de aço carbono galvanizado com costura tipo SCH-10 de Ø2.1/2" (parede 3,05 mm)	barra c/ 06 mts	4	R\$ 463,21	R\$ 1.852,84
4	Tubo de aço carbono galvanizado com costura tipo SCH-10 de Ø4" (parede 3,05 mm)	barra c/ 06 mts	8	R\$ 701,06	R\$ 5.608,48
5	Tubo de aço carbono galvanizado com costura tipo SCH-10 de Ø6" (parede 3,40 mm)	barra c/ 06 mts	4	R\$ 1.145,95	R\$ 4.583,80
CONEXÕES RANHURADAS TIPO GROOVED - UL/FM (AÇO CARBONO GALVANIZADO)					
6	Acoplamento rígido de Ø1.1/4"	pç	60	R\$ 21,54	R\$ 1.292,40
7	Acoplamento rígido de Ø2.1/2"	pç	25	R\$ 28,26	R\$ 706,50
8	Acoplamento rígido de Ø4"	pç	18	R\$ 34,65	R\$ 623,70
9	Acoplamento rígido de Ø6"	pç	26	R\$ 56,04	R\$ 1.457,04
10	Curva ranhurada de Ø1.1/4" x 90°	pç	10	R\$ 38,36	R\$ 383,60
11	Curva ranhurada de Ø2.1/2" x 90°	pç	6	R\$ 54,14	R\$ 324,84
12	Curva ranhurada de Ø6" x 90°	pç	5	R\$ 117,88	R\$ 589,40
13	Redução concêntrica de Ø6" x Ø4"	pç	1	R\$ 212,35	R\$ 212,35
14	Saída de sprinklers de Ø1.1/4" x Ø1/2"	pç	9	R\$ 35,40	R\$ 318,60
15	Saída de sprinklers de Ø1.1/4" x Ø3/4"	pç	18	R\$ 35,40	R\$ 637,20
16	Tampão ranhurado de Ø1.1/4"	pç	16	R\$ 38,12	R\$ 609,92
17	Tampão ranhurado de Ø4"	pç	2	R\$ 54,48	R\$ 108,96
18	Tampão ranhurado de Ø6"	pç	1	R\$ 72,48	R\$ 72,48
19	Tee mecânico de saída ranhurado de Ø4" x Ø1.1/4"	pç	28	R\$ 38,50	R\$ 1.078,00
20	Tee mecânico de saída ranhurado de Ø4" x Ø2.1/2"	pç	2	R\$ 47,50	R\$ 95,00
21	Tee ranhurado de Ø4"	pç	3	R\$ 215,70	R\$ 647,10
22	Tee ranhurado de Ø6"	pç	1	R\$ 280,14	R\$ 280,14
CONEXÕES FERRO MALEÁVEL ASTM-A-197 PRETO - ROSCA					
23	Bucha de redução de ferro maleável preto cl.150 lbs rosca npt de Ø1" x Ø1/2"	pç	1	R\$ 12,92	R\$ 12,92
24	Bucha de redução de ferro maleável preto cl.150 lbs rosca npt de Ø1" x Ø3/4"	pç	21	R\$ 11,98	R\$ 251,58
25	Cotovelo de ferro maleável preto cl.150 lbs rosca npt de Ø1" x 90°	pç	17	R\$ 17,23	R\$ 292,91
26	Luva de ferro maleável preto cl.150 lbs rosca npt de Ø1"	pç	15	R\$ 11,25	R\$ 168,75
27	Tee de ferro maleável preto cl.150 lbs rosca npt de Ø1"	pç	20	R\$ 42,56	R\$ 851,20
EQUIPAMENTOS DIVERSOS					
28	Placa instruções da válvula de dilúvio	pç	1	R\$ 45,00	R\$ 45,00
29	Projektor tipo D3 Protectorspray VK 817 180°, K 7.2 de Ø1/2" (K 103,7), a prova de corrosão (UL/FM)	pç	16	R\$ 473,12	R\$ 7.569,92
30	Sprinklers tipo pendente, tipo STD K8,0 de Ø3/4", standard response, sem bulbo (K 115,2), a prova de corrosão (UL/FM)	pç	24	R\$ 183,72	R\$ 4.409,28
31	Sprinklers tipo pendente, tipo STD K8,0 de Ø3/4", quick response, 79°C (K 115,2), a prova de corrosão (UL/FM)	pç	27	R\$ 240,20	R\$ 6.485,40
32	Pressostato de alarme com 02 contatos tipo PS10-2 (UL/FM)	pç	1	R\$ 472,50	R\$ 472,50
33	Trím com acionamento hidráulico para válvula dilúvio DV-5, Ø6" (UL/FM)	pç	1	R\$ 9.490,28	R\$ 9.490,28
34	Válvula dilúvio de Ø6" tipo "DV-5" (UL/FM)	pç	1	R\$ 16.303,16	R\$ 16.303,16
REVESTIMENTO					
35	Vermelho RAL 3020 - 10004286 - CLEAR EPERD 322 T - 3,60L	galão	10	R\$ 300,50	R\$ 3.005,00
36	Wegpoxi catalisador 3026 PJ ERD 322 - Componente B - 0,72L	lata	10	R\$ 149,50	R\$ 1.495,00
37	Weg diluente P/epoxi 3005 - 5L	galão	1	R\$ 50,00	R\$ 50,00
Total					R\$ 81.196,87

Figura 16 – Estimativa de custo de materiais para instalação do sistema

Essa estimativa de custo foi feita no mês de outubro de 2023 por um fabricante de dispositivos de proteção e combate a incêndio. Não está incluso o custo de um projeto para proteção de torres de resfriamento por sistema de dilúvio/sprinklers, e também não está inclusa a mão de obra especializada para instalação do sistema.

O total de materiais para instalação desse sistema para essa torre de resfriamento foi de R\$ 81.196,87. Embora o custo desse investimento não seja insignificante, vale a pena considerar o quadro geral. Pode-se comparar isso a uma indústria automotiva, onde a produção ocorre a uma taxa de 1 carro a cada 3 minutos. Em tal contexto, a ocorrência de um incêndio que resultasse na destruição de uma torre de resfriamento poderia parar toda a linha de produção por dias, acarretando perdas financeiras na ordem de milhões.

Conclusões

A partir da análise do estudo apresentado no artigo, concluímos que é imprescindível às empresas adotarem medidas efetivas na implantação dos sistemas de proteção contra incêndio nas torres de resfriamento com o objetivo prioritário sendo garantir a segurança. Identificar os riscos específicos relacionados à torre de resfriamento e definir as melhores medidas protetivas é crucial para uma análise completa dos possíveis perigos.

É ressaltado no estudo de caso o valor da integração minuciosa dos sistemas de proteção contra incêndio, com intuito principal sendo a garantia de uma resposta pronta e proveitosa diante casos desafiadores. Além da segurança proporcionada às pessoas e ao patrimônio empresarial, a implementação efetiva de medidas contra incêndios pode resultar em importantes benefícios como evitar interrupções no processo produtivo bem como perdas monetárias.

Garantir uma implementação efetiva dos sistemas de proteção contra incêndio requer conformidade com as regulamentações de segurança adequadas, incluindo a norma americana NFPA 214. É imprescindível levar em conta a norma durante todo o processo de projetar e implementar o sistema.

Resumidamente, a pesquisa destaca como elemento crucial garantir que sejam implantados sistemas de combate à incêndios nas torres de resfriamento com o objetivo primordial que visa garantir um ambiente seguro ao focar na proteção tanto da vida humana quanto do patrimônio empresarial. Em termos atuais de proteção contra incêndio, é imprescindível que os engenheiros civis entendam a importância desses sistemas e as diretrizes para sua aplicação.

Agradecimentos

Queremos expressar nossa gratidão a todos os professores e profissionais que contribuíram para a realização deste projeto. Um agradecimento especial à nossa dedicada orientadora, Cristina Das Graças Fassina, pelo constante apoio e orientação, fundamentais para alcançarmos os objetivos estabelecidos.

Gostaríamos também agradecer aos nossos familiares que nos apoiaram em todos os momentos exaustivos durante a nossa pesquisa, suas palavras de incentivo e compreensão foram uma fonte constante de inspiração, a dedicação e paciência de vocês foram a força motriz por trás da nossa busca pelo conhecimento. Este trabalho é dedicado a vocês, com profunda gratidão pelo suporte inestimável que proporcionaram em nossa jornada acadêmica.

Referências Bibliográficas

GOMES, Taís. **Projeto de prevenção e combate a incêndio**. Trabalho de Conclusão de Curso-UFSM, Santa Maria, RS, 2014. Disponível em: <https://www.academia.edu/download/59215639/TCC_TAIS_GOMES20190511-73410-1d6d8xj.pdf>

BRENTANO, Telmo. **A proteção contra incêndios no projeto de edificações**. Edição de autor, 3ª edição, Porto Alegre, RS, 2015.

PATRICIO, Grasielle Gomes et al. **OTIMIZAÇÃO OPERACIONAL DE TORRE DE RESFRIAMENTO**. Revista Vincci-Periódico Científico do UniSATC, v. 2, n. 1, p. 132-160, 2017. Disponível em: <<https://revistavincci.satc.edu.br/index.php/Revista-Vincci/article/view/81>>

CORTINOVIS, Giorgia Francine; SONG, Tah Wun. **Funcionamento de uma torre de resfriamento de água.** Revista de Graduação da Engenharia Química, Sao Paulo-SP, 2006. Disponível em: <<http://www.hottopos.com/regeq14/giorgia.pdf>>.

DE CASTRO, Carlos Ferreira; ABRANTES, José M. Barreira. **Combate a incêndios urbanos e industriais.** Escola Nacional de Bombeiros, Sintra, v. 2005, 2005. Disponível em: <<https://safenation.com.br/storage/uploads/books/files/c39ebf70e043cflc23f852a453537d6b.pdf>>

TRINDADE, Paula Alexandra Dias et al. **Meios de extinção de incêndio: sistemas automáticos por água.** 2009. Disponível em: < <https://repositorio-aberto.up.pt/bitstream/10216/59398/1/000136758.pdf>>

NATIONAL FIRE PROTECTIO ASSOCIATION NFPA 214/21 - **Standard on Water-Cooling Towers. 2021 Edition.** Quincy, MA, 2021. Disponível em: < <https://www.nfpa.org/codes-and-standards/2/1/4/nfpa-214>>

NATIONAL FIRE PROTECTIO ASSOCIATION NFPA 20/22 - **Standard for the Installation of Stationary Pumps for Fire Protection. 2022 Edition.** Quincy, MA, 2022. Disponível em: < <https://www.nfpa.org/codes-and-standards/2/0/20>>

NATIONAL FIRE PROTECTIO ASSOCIATION NFPA 13/22 - **Standard for the Installation of Sprinkler Systems. 2022 Edition.** Quincy, MA, 2022. Disponível em: < <https://www.nfpa.org/codes-and-standards/1/3/13>>