



Daivid Almeida Menezes

**A tecnologia de água nebulizada: uma
alternativa para proteção contra incêndio
de edificação**

Dissertação de Mestrado

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação
em Engenharia Urbana e Ambiental da PUC-Rio como
requisito parcial para obtenção do título de Mestre em
Engenharia Urbana e Ambiental.

Orientador: Prof. Celso Romanel
Coorientador: Prof. Felício Pedro da Costa Neto

Rio de Janeiro
Setembro de 2016



Daivid Almeida Menezes

**A tecnologia de água nebulizada: uma
alternativa para proteção contra incêndio
de edificação**

Dissertação apresentada como requisito parcial para
obtenção do título de Mestre em Engenharia Urbana e
Ambiental (opção profissional) pelo programa de Pós-
Graduação em Engenharia Urbana e Ambiental da
PUC-Rio. Aprovada pela Comissão Examinadora
abaixo assinada.

Prof. Celso Romanel

Presidente

Departamento de Engenharia Civil – PUC-Rio

Prof. Felício Pedro da Costa Neto

Coorientador

Prof. Antônio Roberto Martins Barboza de Oliveira

Departamento de Engenharia Civil

PUC- Rio

Prof. Nilo de Moura Jorge

Petróleo Brasileiro – Rio de Janeiro

Prof. Márcio da Silveira Carvalho

Coordenador Setorial de Pós-Graduação
do Centro Técnico Científico – PUC-Rio

Rio de Janeiro, 06 de setembro de 2016

Todos os direitos reservados. É proibida a reprodução total ou parcial do trabalho sem autorização da universidade, do autor e do orientador.

Daivid Almeida Menezes

Graduou-se em Engenharia de Petróleo na Universidade Augusto Motta (UNISUAM) em 2011, obteve título de pós-graduação em Engenharia de Segurança do Trabalho da Universidade Católica de Petrópolis (UCP) em 2012. Atualmente atua como consultor técnico de segurança de processos e meio ambiente para empresa de exploração e produção de petróleo, tendo atuado também para empresas do setor energético, além de empresas do setor de logística, varejo e manutenção predial na área de segurança do trabalho.

Ficha Catalográfica

Menezes, Daivid Almeida

A tecnologia de água nebulizada: uma alternativa para proteção contra incêndio de edificação / Daivid Almeida Menezes ; orientador: Celso Romanel ; co-orientador: Felício Pedro da Costa Neto. – 2016.

134 f. : il. color. ; 30 cm

Dissertação (mestrado) – Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, Departamento de Engenharia Civil, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Urbana e Ambiental, 2016.

Inclui referências bibliográficas

1. Engenharia Civil – Teses. 2. Engenharia Urbana e Ambiental – Teses. 3. Água nebulizada. 4. Tecnologia sustentável. 5. Água. 6. Desempenho. 7. Otimização de recursos. I. Romanel, Celso. II. Costa Neto, Felício Pedro da. III. Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Urbana e Ambiental. IV. Título.

CDD: 624

Ao grande Jeová-Tsavaot, porque com
Ele venci todas as batalhas.

A meu grande Davi Daniel e minha
mulher maravilha Jucilene.

Aos amigos de verdade que se fizeram
sempre presentes.

Agradecimentos

A minha maravilhosa família, em especial a minha doce esposa Jucilene, sou eternamente grato pelo incentivo e compreensão, além do Davi Daniel razão dos planos e sonhos da vida presente e a minha querida mãe Lucinalva.

Ao meu orientador Celso Romanel e coorientador Felício Pedro pela parceria e grandiosa ajuda neste trabalho.

Aos colegas que se fizeram presentes e aos que contribuíram de alguma forma na elaboração deste trabalho.

Resumo

Menezes, Daivid Almeida; Romanel, Celso (Orientador); Costa Neto, Felício Pedro (Coorientador) **A tecnologia de água nebulizada: uma alternativa para proteção contra incêndio de edificação.** Rio de Janeiro, 2016. 134p. Dissertação de Mestrado. Departamento de Engenharia Civil, Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro.

O presente trabalho detém como proposta apresentar uma alternativa de proteção ativa contra incêndio ao sistema convencional de chuveiros automáticos que pode ser concebido nos projetos construtivos nas edificações brasileiras que é a tecnologia de Água Nebulizada (*Water Mist*). A tecnologia de *Water Mist* apresenta-se como uma proposta alternativa já que ambos possuem utilização em comum do agente extintor Água. Nesse contexto, essa dissertação fará um estudo de caso, em um edifício comercial na cidade do Rio de Janeiro, que compara o volume destinado a reserva de água para o combate a incêndio entre o Sistema de Chuveiros Automáticos (*Sprinklers*) e o tecnologia de Água Nebulizada (*Water Mist*), sendo este fator um dos aspectos de vantagens preconizados pelos fabricantes de *Water Mist* ao redor do mundo. O sistema de combate a incêndio existente (*Sprinklers*) foi projetado, admitindo-se os requisitos da legislação/código estadual vigente. A tecnologia Água Nebulizada (*Water Mist*) será dimensionada utilizando a Norma Americana NFPA 750 (2015), com apoio de normas técnicas e listas de especificações pelo fato da inexistência de regulamento nacional específico ou legislação/código estadual. A presente dissertação propõe divulgar a tecnologia de água nebulizada (*Water Mist*), discorrendo sobre as suas formas de atuação, mecanismos de extinção, apresentando-se suas peculiaridades e aplicações específicas bem como as similaridades em relação ao tradicional sistema de chuveiros automáticos e sua aplicabilidade em edificações.

Palavras-chave

Água nebulizada; tecnologia sustentável; água; desempenho; otimização de recursos.

Extended Abstract

Menezes, Daivid Almeida; Romanel, Celso (Advisor); Costa Neto, Felício Pedro (Co-advisor). **Water mist technology – an alternative for protection against building fire.** Rio de Janeiro, 2016. 134p. MSc. Dissertation - Departamento de Engenharia Civil, Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro.

This work has the proposal to present an alternative to active fire protection, which can be designed in construction projects in Brazilian buildings that are fire-fighting technology with nebulized water (Water Mist). The Water Mist technology presents itself as an alternative proposal since both have joint use of water extinguishing agent. In this context, this dissertation will make a case study in a commercial building in the city of Rio de Janeiro, which compares the volume for the water reserve for fire fighting between the Sprinkler System (Sprinklers) and Water Technology nebulized (Water Mist), and this factor one aspect of advantages recommended by manufacturers of Water Mist around the world. The Fighting existing fire system (Sprinklers) was designed, assuming the requirements of the legislation / current state code. The technology water spray (Water Mist) is scaled using the American Standard NFPA 750 (2015), with the support of technical standards and specification lists because of the absence of specific national regulation or legislation / state code.

Introduction

In water as one of the components of nature to it is essential for human existence and other living things today not one of the greatest challenges facing humanity. Is crucial to the preservation of its quality and abundance, in order to ensure their access to current and future generations, in the midst of crisis of natural resources, mainly in the water depletion in large urban centers, and in this sense it is important to note that water conservation programs, technological innovation and sustainable management Institute in important instruments in the quest for balance between water demand and water availability.

Thus the search for efficient protection measures in buildings, nowadays, became basic premise that aims to minimize the environmental impacts. Because of this demand for sustainable solutions to Water Mist, technology presents itself as an alternative extinguishing agent clean, reducing the volume of water of technical reserve of fire when compared to traditional automatic shower system.

This dissertation seeks to introduce Water Mist technology, highlighting its operation and reducing the volume of water used in relation to the firefighting system with automatic sprinklers, and its applicability as an alternative measure of active fire protection in new projects.

In Brazil the Water Mist technology is not yet regulated, because there is a standard that establishes the rules, code of practice and established testing protocol, also does not have parameters of design and implementation and that hinders its implementation in new projects. The present research will emphasize the comparative aspect of reducing the volume of firefighting water between Sprinkler and Water Mist technology on a floor of a commercial building in the city of Rio de Janeiro.

This essay will be developed using the following questions about using Water Mist technology:

- Water Mist technology requires the same volume of water used in automatic sprinklers (Sprinklers) in a building downtown?
- Why is there no regulation or national technical standard that treats about project parameters of Water Mist technology in urban buildings?
- Water Mist technology presents reasonable viability, cost-benefit in specific applications in fire safety projects for buildings when compared to the Sprinkler System?

This exposition will seek to introduce other concepts and active protection measures of fire safety in buildings by evaluating the applications of national and international standards, state codes and recommendations for projects and operation of the system in question. Thereby this essay aims to introduce

general Water Mist technology as a technology to combat the fire, amid the current scenario of water shortage, since the technology object of this work presents results: efficiency, economy of resources (reduction in the volume of water to fight the fire). In addition, describe the components, the positive aspects of implementation in new projects, the mechanisms of action used by the Water Mist technology, simplified composition of costs between Sprinklers and Water Mist as well as their limitations as to the use of the systems.

Finally, the specific objectives for the development of this work parallel to the achievement of the general objectives, proposed a study site, about the only scenario a pavement of the place, to design the Water Mist technology and compare technically with the existing Sprinklers system under the aspect in reducing the required volume of water from the technical reserve of fire between systems: Sprinklers and Water Mist technology in a commercial building in the city of Rio de Janeiro.

Protection fire in the building

The projects in urban buildings should be the objective premises in safeguarding the people and protect the enterprise in addition to implementing a series of security measures against the fire each time it is designed and built a building in addition to building have a fire fighting project well designed and integrated with all elements of the architectural and engineering design. In more global world it is, nowadays, sustainable solutions for the implementation of constructive elements, not seen in the highly prescribed regulations, which ultimately becomes inflexible to allow for analysis and delivery to a resolution that will contribute in an efficient and environmentally sustainable for the planet.

It is important to register that it is necessary to know the appropriate elements in the construction of a building for which these elements will not be incorporated as combustible materials, components of the enterprise, which facilitate the spread of fire.

The designs of buildings in urban centers must meet the important assumptions about security:

- ✓ Location: Because advocates access and fire emergencies, safe distances of nearby buildings.
- ✓ Type of occupation of the building: which deals with the nature of the activities, thermal potential and type of equipment used, because these aspects cited fall into the appropriate risks for each type of occupation as the quantity and combustibility of contents inside the building.
- ✓ Classification of building: classified as their height and their constructive characteristics.

Fires

For this theme intend to introduce the skill-set of prerequisites that determine the event of combustion of a substance indispensable for understanding the principles on which is based on the science of control and extinction of fire. Is called fire, all fire anomalous, that simply manifests itself as what threatens to destroy something or whatever, not being prevented, spreads and involves all can consume. It is noteworthy that only fire when there are combustion, fire and combustion are closely linked and can be defined as: the fire is defined as a chemical-physical phenomenon where takes place a rapid oxidation reaction that generates heat, light and smoke known as combustion.

The fires are classified based on the characteristics of fuels, and this classification useful for adequacy of the extinguishing agent. Meet the fire extinguishing methods is needed as to extinguish them just remove only one of the three elements, or at least interrupt the chemical chain reaction. To achieve the Elimination of fire, in most cases, you should use water or some chemical substances, solid, liquid or gaseous, and extinguishing agents, since these have direct domain on one or more of these components. The extinguishing agent to be used should be suitable, with the objective of action quickly and efficiently, delivering minimum impact to the lives of people, content and construction. The principal extinguishing agents used are water, aqueous foam, inert gases and chemical powders besides of water be the principal agent fire extinguisher and part of the object of study of this research.

Automatic fire fighting systems

Water is the most complete of extinguishing agents. Its importance is ratified by firefighters, the fire-fighting hydraulic systems as well as the use of other extinguishing agents. Currently the automatic protection systems most used hydraulic anti-fire systems of fire hydrants and Sprinklers system mangotinhos and the Water Mist technology aiming to control, fast, efficient extinguishing a fire.

Active Sprinkler protection measure is a system of fixed automatic fire fighting composed of pipes and special devices (sprinklers and nozzles quartzóide/bulbs fuse element) that are uniformly distributed with appropriate spacing according to the type of risk class, for certain environments. When exposed to the heat released by the flames of the fire, the fuse element that previously already has a pre-established temperature, is broken and causing the release of a stream of small drops of water on the fire.

According to the *National Fire Protection Association-NFPA 750* (2015) Water Mist technology is defined as a sprinkling of water for which 99% of the total volume of water discharged in droplets with a diameter of less than 1000 microns, minimum nominal operating pressure of the nebulised water spout. This definition used implies the distinction between automatic hydraulic systems (Sprinklers) and Water Mist technology, due to the sizes produced by water droplets. The propellant is essential to consolidate the Water Mist is its ability to produce small water droplets to suppress or control the fire of extremely efficient and therefore the extinction mechanism is based on the use of water to control, suppress or extinguish the fire.

Is notorious around the world, the constant apprehension with the management of the resources used within the buildings. Driven by the dynamics of technological innovations, discoveries of new elements with the optimization of resources are they: technology, system and equipment, encourage regulatory bodies of fire protection with continuous updating and adapting these new functional elements. In this context it is important to note that normalize and

certifying is a relevant process on the premise that aims to ensure the quality and performance of materials, elements and construction systems, being an effective tool in the control of fire safety in buildings. In Brazil there is still a prevailing national standard that establishes requirements for installation on construction projects in buildings for Water Mist technology.

Study case

As previously explained this case study of this thesis consists in the comparison of the volume of firefighting water between the system already implemented are the: Sprinklers and Water Mist technology, located in a common use of a commercial building in the city of Rio de Janeiro.

This case study will be based on existing national codes, specific technical standards, international standards and test specifications with regard both to the Sprinkler system as well as Water Mist technology, will be drawn up as follows:

- ✓ **Sprinklers:** the system will be constituted by the automatic sprinklers system designed, in construction, in accordance with the minimum requirements of design and installation of fire protection systems for automatic sprinklers recommended by ABNT NBR(Brazilian Association of Technical Standards) 10.897 (2014) and the prevailing code of CBMERJ (Fire Department of the State of Rio de Janeiro). Important to note that it was carried out an estimated calculation of the existing system, not having been supplied the memory of calculation of Sprinkler.
- ✓ **Water Mist:** At technology will be designed according to the NFPA 750 (2015) and the NBR 10.897 (2014) as support support gaps by protocols and tests, specification list for lack of national standard/regulation. Due to importance of the nozzles in the sprinklers system, since these carry out key role in the operation of Water Mist technology, in this case study was scaling the grounds of two manufacturers of the Water Mist Technology.

The design selected was a 25-story commercial building with just 19 floors of common use located in the city of Rio de Janeiro, and area with more than 20.000 m^2 . The building is classified as: Commercial Building destined to offices, and its risk rating assessed by CBMERJ as: risk Take Office areas and ordinary risk group I in the parking areas.

The building has two water reservoirs, being an inferior and others superior, being the lower reservoir built with capacity for a volume of 517 m^3 , 120 m^3 being intended for the technical reserve of Sprinklers and the upper reservoir system built with a capacity of 158 m^3 volume, being 40 m^3 intended for technical reserve of fire hydrant system.

Conclusion

Despite advances and technological innovations in construction projects around the world in the area of fire safety, note that these advances in Brazil, does not evolve in parallel with the updates of standards/codes and therefore does not contribute to dissemination of good management practices, or the optimization of cost-benefit connected to fight against fire.

Important to note that this essay the traditional automatic Sprinklers system when compared to Water Mist technology, preliminarily is the most convenient solution of fire protection, because it is an active protection system that uses water extinguisher agent, primarily for economic bias seen your low cost project in addition to being an automatic fire fighting system more known and usual for the buildings. However, when it develops a project of automatic fire-fighting systems must have as premise, a kind of appropriate system to the risk that intend to protect and, in this way, some factors must be assessed: the fire-fighting system itself, the constructive characteristics of the building, the risk class of the building, water supplies.

As seen throughout this dissertation the functional aspect of the Sprinklers system, gets featured, since it relies on automatic discharge of water through showers mainly in the form of large drops and by operating logic requires a larger

volume of water, the greater the placeholder components dedicated to this system when compared to Water Mist.

In this way, it is essential that the fire protection in buildings where it holds invaluable values for goods a city, country, as well as for humanity, projects such as: museums, art galleries, cathedrals, libraries, historic buildings, holds the alternative employment of a system whose operation is always the smallest fraction of volume of water used, least amount of damage caused by water misting the valuable goods and/or "invaluable" less space that are reserved to the elements that structure all the systemic engineering besides creating a safe environment in safeguarding people, the less impact the production process within the protected environment (MRAZEK M.; JIŘÍ, Z.; MARTIN, C; 2010 e Tomar, M.S. (2016)).

The comparison performed in this case study between the Sprinkler and Water Mist manufacturers, favorable results in the reduction of the volume of water required for the following systems: the manufacturer without **SEM SAFE Danfoss** is 67% reduction when compared to the manufacturer and **Marioff Corporation** obtained 95%.

In the final analysis, through this work was possible to present the Water Mist technology, as an alternative to building projects in specific cases, noted its comparison with the Sprinkler system be simplified cost aspects described in previous item, which presented a result of reasonable viability for the implementation of technology in this point of view, either because their performance quirks in the extinction of the fire that proved fruitful in some types of buildings/activity caused by minor damage caused with a smaller volume of water sprinkled on the moment of operation as well as a lower volume of technical reserve of fire when compared to the Sprinkler system notably observed with the results achieved in the sizing of the case study.

Keywords

Water mist; sustainable technology; water; performance; resource optimization

Sumário

1	Introdução	21
1.1	Justificativa e Relevância da Pesquisa	23
1.2	Questões de pesquisa e Pressuposto teórico	24
1.3	Metodologia	25
2	Concepção de projeto de proteção contra incêndio em edifícios	27
2.1	Peculiaridades construtivas da edificação	28
2.2	Localização do edifício	29
2.3	Tipo de ocupação do edifício	30
2.4	Classificação edificação quanto ao uso	32
3	A água como agente extintor de incêndios em edificações	34
3.1	Incêndios	34
3.2	Classificação dos incêndios	36
3.2.1	Incêndio de Classe A	37
3.2.2	Incêndio de Classe B	37
3.2.3	Incêndio de Classe C	38
3.2.4	Incêndio de Classe D	38
3.2.5	Incêndio de Classe K	38
3.3	Métodos de extinção	38
3.4	Agentes extintores de fogo	40
3.4.1	Água	40
3.4.2	Espuma Aquosa	42
3.4.3	Pó Químico Seco	42
3.4.4	Gases Inertes	43
4	Sistemas hidráulicos automáticos de combate a incêndios	44
4.1	Chuveiros automáticos (<i>Sprinklers</i>)	44
4.1.1	Elementos componentes do sistema	46
4.1.1.1	Suprimento de água para o sistema	47
4.1.1.2	Sistema de Pressurização e Comando Contra Incêndios	51

4.1.1.3 Chuveiros	59
4.1.1.4 Rede Hidráulica de distribuição	62
4.2. Tecnologia Água Nebulizada (<i>Water Mist</i>)	65
4.2.1 Histórico e conceituação da tecnologia	65
4.2.2 Mecanismos de extinção	67
4.2.3 Princípios de proteção e emprego da tecnologia	69
4.2.4 Métodos de geração de névoas segundo a pressão do sistema	71
4.2.5 Elementos e Conformação da tecnologia <i>Water Mist</i>	73
4.2.5.1 Comparação em relação a outros Sistemas automáticos	81
4.2.5.2 Comparação de custos entre <i>Sprinklers X Water Mist</i>	84
4.3 Aspectos legais de sistemas de combate a incêndio	92
5. Estudo de Caso	97
5.1 Caracterização do objeto de estudo	97
5.2 Sistema de chuveiro automático existente	98
5.2.1 Estimativa de cálculo da instalação existente	104
5.3 Dimensionamento do sistema de água nebulizada (<i>Water Mist</i>)	105
5.3.1 Premissas utilizadas para execução dos cálculos	107
5.3.2 Metodologia geral de cálculo para ambos os fabricantes	109
5.3.3 Execução dos cálculos para os fabricantes escolhidos	113
6 Conclusão	120
6.1. Propostas de trabalhos futuros	123
7 Referências bibliográficas	124
Anexos	126
Apêndices	132

Lista de Figuras

Figura 1 - Triângulo do fogo.	35
Figura 2 - Tetraedro do fogo.	35
Figura 3 - Elementos do sistema de chuveiros automáticos.	47
Figura 4 - Corte esquemático de uma edificação figurando a canalização.	50
Figura 5 - Corte esquemático do reservatório superior de uso misto.	50
Figura 6 - Esquemático de bombas principais e de pressurização de um sistema de chuveiros automáticos.	52
Figura 7 - Sucção positiva.	53
Figura 8 - Sucção Negativa.	54
Figura 9 - Central de Equipamento de Incêndio.	58
Figura 10 - Tipos de chuveiros automáticos (Pendentes e de pé) Tipo de elementos (Solda e Bulbo Quartzóide).	59
Figura 11 - Exemplo de Chuveiro automático em pé com ampola de vidro	61
Figura 12 - Exemplo de Chuveiro automático pendente com fusível.	61
Figura 13 - Elementos de redes de chuveiros automáticos.	63
Figura 14 - Rede de distribuição de água para o sistema de chuveiros automáticos de edificação de vários pavimentos.	63
Figura 15 - Mecanismos de extinção Adaptado Costa Neto (2008).	68
Figura 16 - Bico Aspersor sem elemento termossensível e uso restrito de um fluido.	74
Figura 17 - Bico Aspersor com elemento termossensível - Ampola de Quartzóide.	74
Figura 18 - Representação esquemática da tecnologia <i>Water Mist</i> utilizando um fluido.	76

Figura 19 - Tanque de cilindro de nitrogênio.	77
Figura 20 - Esquemático utilizando gás à alta pressão integrado aos cilindros de água.	77
Figura 21 - Cilindro de nitrogênio e cilindro de água.	78
Figura 22 - Esquemático com um único fluido utilizando gás como propelente.	79
Figura 23 - Esquemático com um único fluido.	79
Figura 24 - Representação esquemática com um único fluido com suprimento principal e reserva.	80
Figura 25 - Comparação de custos entre sistemas completos com tubulações e acessórios (aço carbono).	91
Figura 26 - Comparação de custos entre sistemas com tubulações (aço inox)	91
Figura 27 - Esquemático geral dos chuveiros automáticos.	100
Figura 28 - Chuveiro automático RTR 15.	100
Figura 29 - Determinação da área de cobertura por chuveiro automático	102
Figura 30 - Esquemático funcional do <i>Water Mist</i> .	107
Figura 31 - Metodologia aplicada para área de cobertura.	109
Figura 32 - Curvas de densidades X áreas.	110
Figura 33 - Parâmetros necessários para execução dos cálculos Fabricante SEM-SAFE	115
Figura 34 - Planilha final de execução dos cálculos (SEM-SAFE Danfoss).	116
Figura 35 - Parâmetros necessários para execução dos cálculos Fabricante Marioff	118
Figura 36 - Planilha final de execução dos cálculos (Marioff Corporation).	118

Lista de Tabelas

Tabela 1 - Classificação das edificações quanto à sua altura.	32
Tabela 2 - Classificação das edificações quanto às suas características construtivas.	33
Tabela 3 - Classes de Incêndio.	37
Tabela 4 - Tabela comparativa entre <i>Water Mist</i> e outros Sistemas.	82
Tabela 5 - Principais diferenças entre o <i>Sprinklers</i> e o <i>Water Mist</i> .	82
Tabela 6 - Comparação de custos entre <i>Water Mist</i> X <i>Sprinkler</i> (Aço Inox) em túneis de cabos elétricos de 1km.	86
Tabela 7 - Comparação de custos entre <i>Water Mist</i> X <i>Sprinkler</i> (Aço Carbono) em túneis de cabos elétricos de 1km.	87
Tabela 8 - Comparação de custos entre <i>Water Mist</i> X <i>Sprinkler</i> (aço carbono x aço inox) em túneis de cabos elétricos de 2km.	88
Tabela 9 - Comparação de custos entre <i>Water Mist</i> X <i>Sprinkler</i> (aço carbono x aço inox) em túneis de cabos elétricos de 4km.	89
Tabela 10 - Comparação de custos entre <i>Water Mist</i> X <i>Sprinkler</i> (aço carbono x aço inox) em túneis de cabos elétricos de 6km.	90
Tabela 11 - Agências Internacionalmente reconhecidas com teste de protocolos publicados para o sistema de <i>Water Mist</i> .	95
Tabela 12 - Tipo de chuveiro em função do risco do ambiente.	101
Tabela 13 - Área máxima servida por uma coluna de alimentação por pavimento.	103
Tabela 14 - Áreas de cobertura máxima por chuveiro automático e distância máxima.	103
Tabela 15 - Alternativa nº1 da lista de especificação do bico aspersor SEM SAFE Danfoss.	108
Tabela 16 - Constante dos valores do C de Hazen-Williams.	112
Tabela 17 - Tabela de tubulação.	113
Tabela 18 - RTI encontrados em todos os sistemas.	122

Listas de Abreviaturas e Siglas

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
ABS	<i>American Bureau of Shipping</i>
BAFSA	<i>British Automatic Fire Sprinkler Association</i>
BSI	<i>British Standards Institution</i>
BRE	<i>Building Research Establishment</i>
BV	<i>Bureau Veritas</i>
CBMERJ	Corpo de Bombeiro Militar do Estado do Rio de Janeiro
COSCIP	Código de Segurança Contra Incêndio e Pânico
DNV	<i>Det Norske Veritas</i>
IMO	<i>International Maritime Organization</i>
ISO	<i>International Organization for Standardization</i>
NFPA	<i>National Fire Protection Association</i>
NR	Normas Regulamentadoras do Trabalho
SCI	Segurança Contra Incêndio
SGA	Sistema de Gestão Ambiental
SOLAS	Safety of Live at Sea
RTI	Reserva Técnica de Incêndio

1

Introdução

A água, como um dos principais componentes da natureza, imprescindível para a existência humana e dos demais seres vivos é hoje um dos maiores desafios que a humanidade enfrenta de acordo com GARCIA (2007).

É primordial a preservação de sua qualidade e abundância, com o intuito de garantir seu acesso a atual e futuras gerações, em meio à crise de recursos naturais, principalmente no trato do esgotamento hídrico nos grandes centros urbanos, e nesse sentido é importante salientar que os programas de conservação da água, inovação tecnológica e de gestão sustentável instituem-se em importantes instrumentos na busca pelo equilíbrio entre a demanda por água e a disponibilidade hídrica, por evitar o desperdício e racionalizar o uso.

Nesse contexto o espraiamento urbano em conjunto com as novas construções urbanas traz como resultado vetores crescentes de urbanização, ou seja, cada vez mais a população rural desloca-se para a área urbana e como consequência observa-se a ampliação da cidade, sem planejamento e ordem, para receber o contingente de emigrantes. Assim sendo os serviços de esgotamento sanitário, de tratamento e abastecimento de água são pressionados a responder por este excesso de demanda, o que muitas vezes não ocorre.

O uso da água nas edificações nem sempre é realizada segundo práticas que promovam o combate aos desperdícios, refletindo no uso sustentável da mesma. Não se pode esquecer de que a água em seus diversos usos nas edificações desempenha um papel importante na segurança das edificações como agente extintor no combate ao incêndio, em vista de ser um bem mais acessível entre todos agentes extintores continua a ser o mais abundante agente extintor. Segundo SECCO (1982), a água é o agente extintor mais antigo e mais utilizado no combate ao fogo.

De acordo com SEITO et al. (2008) é indubitável que os países reconhecem a área de segurança contra incêndio como uma área científica do conhecimento e um assunto que merece investimentos robustos para diminuir as

perdas devido a incêndios, pois este segmento detém como premissa o gerenciamento dos riscos na perspectiva de preservação e integridade de vidas humanas, patrimônio e meio ambiente.

Os incêndios em edifícios altos são fontes de preocupação para bombeiros de todo o mundo. Seja pelo grande esforço operacional que exigem, seja pelo elevado risco que apresentam aos bombeiros e principalmente pelo grande potencial de ceifar vidas, é um dos tipos de ocorrência mais complexo na atividade de atuação em sinistro que envolve os profissionais da área de segurança contra incêndio.

O primeiro grande incêndio em prédios elevados no Brasil ocorreu em 1972, no edifício Andraus, localizado na cidade de São Paulo, causando a morte de 16 pessoas e 336 feridos. Dois anos após o evento, novamente em São Paulo, o incêndio no Edifício Joelma provocou a morte de 169 pessoas, onde algumas delas se projetaram pela fachada do prédio, gerando forte comoção popular e a percepção por parte da sociedade de que algumas medidas deveriam ser adotadas para reduzir tais desastres (SEITO et al, 2008). Mostrando a fragilidade naquele momento dos regulamentos e códigos vigentes que já apresentavam obsolescência e sem perspectiva de atualização periódicas das respectivas legislações.

De acordo com SEITO et al. (2008) um projeto de segurança contra incêndio deve considerar não só o edifício propriamente dito, mas também o seu entorno imediato e a sua inserção na malha urbana. Os riscos de início de incêndio, juntamente com o de seu crescimento e propagação, estão diretamente relacionados à evolução do fenômeno no interior do edifício e, na pior das hipóteses, pode causar danos ainda maiores ao atingir edifícios adjacentes.

Desse modo a busca por medidas de proteção eficientes, nos dias de hoje, tornou-se premissa básica que visa a minimização dos impactos ambientais. Em razão dessa demanda por soluções sustentáveis a tecnologia de Água Nebulizada (*Water Mist*) apresenta-se como uma alternativa de agente extintor limpo, redução da RTI, se comparado com o sistema tradicional chuveiro automáticos, tanto para novos projetos bem como uma readequação em edificações urbanas.

Não obstante, por volta de 100 anos atrás já eram conhecidos os efeitos e as propriedades da água nebulizada, elevação de volume e resfriamento no

combate aos incêndios, entretanto, sua aplicação prática só ocorreu no início da década de 1990 em função das limitações tecnológicas e das novas diretrizes mundiais em relação ao meio ambiente (I.P.F, 2001).

1.1.

Justificativa e Relevância da Pesquisa

As severidades e consequências dos incêndios são conhecidas aos cidadãos como um todo, sob a ótica social, econômica, e principalmente esta pesquisa busca apresentar a tecnologia de água nebulizada (*Water Mist*), destacando seu funcionamento e a redução do volume de água utilizado em relação ao sistema de combate a Incêndio com chuveiros automáticos, e sua aplicabilidade como uma alternativa de medida de proteção ativa de combate a incêndios em novos projetos.

Como as leis, normas e códigos de SCI no Brasil são prescritivas, tornando-as estas estritamente rígidas quanto ao seu cumprimento e, consequentemente fazendo com que haja descuido pela prevenção e um melhor conhecimento dos sistemas de combate a incêndio que proporciona não somente maior segurança bem como grande ganho otimização de recursos.

A tecnologia Água Nebulizada (*Water Mist*) se aproxima do que Manzini & Vezzoli (2008) classificam como uma alternativa positiva para o ambiente. Além disso, por se tratar de um trabalho acadêmico este projeto fomentará a discussão, com estudo de caso real, sobre aplicação desta tecnologia citada acima em uma edificação comercial, fazendo com que seja conhecida e utilizada amplamente nos projetos em edifícios, o que fará com que sirva de um instrumento facilitador aos órgãos reguladores nacionais na implementação de normas e códigos para esta tecnologia.

O presente trabalho não terá como propósito principal de pesquisa a análise custo-benefício da implantação da tecnologia de Água Nebulizada (*Water Mist*), tratando-se apenas o aspecto comparativo da redução do volume de água de combate a incêndio entre o sistema de Chuveiro Automático e o de Água Nebulizada em um pavimento de um edifício comercial.

1.2.

Questões de pesquisa e pressuposto teórico

Os projetos de proteção contra incêndios em edificações urbanas no Brasil estão baseados nas regulamentações, códigos estaduais e normas técnicas específicas, como os padrões da ABNT, previamente referendadas pelos códigos dos corpos de bombeiros de cada estado federativo, formam o arcabouço para elaboração de projetos em SCI. Entretanto este conjunto torna essa plataforma de desenvolvimento de proteção contra incêndios muito prescritiva pois assim se despreza as vezes da liberdade projetual, que se caracteriza em ofertar soluções criativas bem como utilizar de materiais e procedimentos construtivos não sacrificando os parâmetros de segurança preconizados pelas normas CLARET, A. M.; MATTEDI, D. L. (2011).

Por outro lado, em meio à crise hídrica vivida no Brasil e no mundo se faz necessário ressaltar que a adoção no gerenciamento de recursos hídricos carece de muito mais envolvimento do setor de construção civil para o desenvolvimento de novas estratégias, projetos, uso de novas tecnologias e normalização. Dos mais modestos às mais complexas, essas ações trazem benefícios para a conservação de recursos naturais e o aumento da eficiência das edificações, especialmente quanto ao fomento e à incorporação de conceitos de sustentabilidade em toda a sociedade Cunha Junior, N.B. (2012).

A tecnologia de Água Nebulizada (*Water Mist*) no Brasil ainda não é regulamentada, pois não há um padrão que estabeleça as regras, código de prática e protocolo de testes estabelecidos, além disso, não possui parâmetros de projeto e execução, o que dificulta a sua implementação em novos projetos ou até mesmo “retrofits” em edificações prediais em funcionamento com os Sprinklers em uso.

O trabalho se desenvolverá usando os seguintes questionamentos sobre a utilização do sistema água nebulizada (*Water Mist*):

- A tecnologia de Água Nebulizada (*Water Mist*) requer o mesmo o volume de água utilizado nos chuveiros automáticos (*Sprinklers*) em uma edificação urbana?
- Por que não há um regulamento ou norma técnica nacional que trate sobre parâmetros de projeto do sistema água nebulizada (*Water Mist*) em edificações urbanas?
- A tecnologia de Água Nebulizada (*Water Mist*) apresenta viabilidade razoável de custo-benefício, em aplicações específicas, em projetos de SCI para edifícios quando comparado ao sistema de chuveiros automáticos (*Sprinkler*)?

1.3.

Metodologia

Este trabalho de pesquisa busca focar outros conceitos e medidas de proteção ativa de segurança contra incêndios em edifícios avaliando as aplicabilidades das normas nacionais e internacionais, códigos estaduais e recomendações de projetos e operação do sistema em questão, buscando nos centros acadêmicos que mais contribuíram para os debates sobre o tema.

Nesse sentido a pesquisa tem como objetivo geral apresentar o sistema de água nebulizada (*Water Mist*), que até o presente momento não está normalizado ou muito menos referendado por qualquer código estadual de segurança contra incêndio no Brasil, como uma tecnologia adequada ao combate ao incêndio, em meio ao atual cenário de escassez hídrica, visto que à água nebulizada (*Water Mist*) traz como resultados: eficiência, economia de recursos (redução no volume de água para o combate ao incêndio). Além disso, descrever os componentes, os mecanismos de ação utilizada pela tecnologia de Água Nebulizada, abordar os benefícios sobre a ótica dos impactos da normalização técnica dessa tecnologia. Não se abstendo de demonstrar os principais requisitos legais e normativos sobre o tema, além de apresentar os aspectos simplificados de custos entre os sistema de chuveiros automáticos e a tecnologia de Água Nebulizada (*Water Mist*) bem como

os aspectos positivos de implementação dessa tecnologia em novos projetos, e as suas respectivas limitações quanto ao uso deste sistema.

Os objetivos específicos para o desenvolvimento deste trabalho e alcance do objetivo geral, propõe-se um local de estudo, sobre o cenário de apenas um pavimento do local, para projetar esta tecnologia de Água Nebulizada (*Water Mist*) e comparar tecnicamente com o sistema, já existente, de chuveiros automáticos sob o aspecto na redução do volume requerido de água da RTI entre os sistemas: chuveiros automáticos (*Sprinklers*) e o de água nebulizada (*Water Mist*) em uma edificação comercial.

2

Concepção de projeto de proteção contra incêndio em edifícios

Com o objetivo em salvaguardar as pessoas e proteger o empreendimento, deve ser empregada uma série de medidas de segurança contra o fogo cada vez que for projetado e construída uma edificação. Além de a edificação ter um projeto de combate a incêndio bem confeccionado e integrado com todos os elementos do projeto arquitetônico e de engenharia, o mesmo deve ser executado de acordo com o projetado e mantido em condições de utilização plena. A SCI de uma edificação tem muito a ver com a própria cultura de segurança dos usuários e da própria educação das pessoas. Nota-se que esse cenário demonstra diretamente um maior desprezo nos projetos de proteção contra o fogo nas edificações e também nos custos que as instalações configuram em razão de que há o pensamento dominante de que as instalações são muito onerosas e os incêndios muitos raros. Na contratação dos serviços a questão maior que envolve o dono do negócio com o projetista são sempre os custos do projeto e da instalação e não o tema segurança do local a ser protegido, assim sendo as perguntas comuns que surgem nos projetos são estes:

- Qual o mais barato?
- Não existe a possibilidade de adotar outro sistema de menor custo?
- Não existe alternativa de projeto para tornar o custo mais baixo ainda?
- Quais as alternativas de materiais se tem para baixar o custo da instalação?
- Precisam ser instalados todos esses equipamentos?
- É necessário todo este volume de reserva de água para o incêndio?

O custo do empreendimento deve ser uma preocupação muito grande, contudo nunca deve ser maior que a preocupação com a segurança dos usuários da edificação segundo BRENTANO, T (2016).

Embora a SCI seja considerada um dos requisitos básicos de desempenho no projeto, construção, uso e manutenção das edificações, é pouquíssimo contemplada como disciplina no currículo das escolas de engenharia e arquitetura no país. Portanto, são raros os profissionais que consideram esse fator ao projetar uma edificação. Assim, esse requisito passa a ser tratado somente como um item de atendimento compulsório/burocrático à regulamentação do Corpo de Bombeiros ou da Prefeitura local, uma vez que estes são detentores regionais da liberação operacional das edificações Ono, R(2007).

No início do processo do planejamento do projeto de um edifício se deve ter em mente que há uma premissa básica a ser seguida que é a formação de uma equipe multidisciplinar que devem atuar sinergicamente no desenvolvimento do projeto e que estes profissionais devem ser de diferentes áreas de competências.

Vale ressaltar que a recorrência dos incêndios, em edificações, ocorre tanto em pequenos como grandes. Alguns exemplos de início de ignição são: vazamento de gás de bujões com explosões, curto-circuitos em instalações elétricas por excesso de carga, manuseio de explosivos e outros produtos perigosos em locais não adequados, esquecimento de ferro de passar roupa, fogões e eletrodomésticos ligados, etc. Importante registrar que todo sinistro de incêndio se inicia de forma modesta, segundo SEITO et al (2008).

De acordo com a Fire Supression Systems Association (FSSA) 43% das empresas, de maneira geral, atingidas por incêndios não reabrem e outros 29% pedem falência nos três anos subsequentes.

O progresso acelerado das tecnologias admite, nos dias atuais, soluções sustentáveis, na admissão de elementos e compostos construtivos, novas possibilidades e ofertas de soluções técnicas, não vislumbradas nos regulamentos altamente receitados, que acabam se tornando inflexíveis ao ponto de não permitir uma análise e entrega de uma resolução que contribuirá de forma eficiente e ambientalmente sustentável para o planeta.

2.1.

Peculiaridades construtivas da edificação

Quanto as peculiaridades construtivas de um edifício, temos as seguintes variáveis:

- Materiais de construção utilizados e técnicas aplicadas;
- Tipo de sistema estrutural adotado;
- Tipo de instalações de serviço existentes;
- Distribuição dos espaços;
- Forma do edifício;
- Volume do edifício;
- Número de pavimentos;
- Área total do edifício;
- Área de cada pavimento;
- Aberturas de ventilação;
- Materiais combustíveis destinados a revestimento/acabamento de paredes, tetos e pisos e/ou incorporados aos sistemas construtivos (carga térmica fixa).

Faz-se necessário conhecer os elementos adequados na construção de um edifício para que estes não venham ser incorporados como materiais combustíveis, constituintes do empreendimento, que facilitam a propagação do fogo. Vale ressaltar que ações prevencionistas devem ser instituídas e mantidas ao longo da existência dos edifícios no que se refere a entrada de oxigênio através de vãos ou acessos presentes nos edifícios. A altura total do edifício, volume do edifício, número de pavimentos, a forma, área total de cada pavimento e do edifício se contrapõe as ações de combate a incêndio que podem ajudar ou dificultar a condução das operações de combate, ademais o salvamento do corpo de bombeiros que atendem ao chamado do edifício atingido pelo incidente de incêndio BRENTANO, T. (2016).

2.2.

Localização do edifício

Segundo SEITO et al (2008), é importante as considerações sobre a malha urbana devam-se incluir a distância da edificação ao quartel de atendimento do corpo de bombeiros mais próximo e as condições usuais de trânsito, de onde se pode obter uma estimativa do tempo previsto para a chegada do corpo de bombeiros, no caso de um eventual sinistro ou outra emergência.

Ponderar sobre as condições do lote urbano, é importante analisar e verificar a possibilidade de previsão de:

- Acesso ao lote da edificação por viaturas de emergência de combate ao incêndio.
- Aproximação da viatura do bombeiro à edificação para salvamento das vítimas e combate ao fogo.
- Distância segura da edificação em relação às construções vizinhas, dentro do mesmo lote ou em lotes adjacentes.
- Localização segura das saídas de emergência no nível da descarga e de um abrigo seguro às vítimas do incêndio, sem conflito com a aproximação de equipes externas de emergência.

É imprescindível a disponibilidade de hidrantes urbanos, para o abastecimento de água das unidades de combate a incêndio do corpo de bombeiros.

Não obstante, dentro de uma metrópole, essas premissas não podem ser plenamente atendidas, pois dependem do desenho urbano já consolidado. Para esse caso, o projetista deve estar ciente desse fato e buscar reforçar as medidas de proteção contra incêndio no interior do edifício e, em alguns casos onde o risco é elevado, não se ater apenas ao que é exigido pelas regulamentações edilícias vigentes.

2.3.

Tipo de ocupação do edifício

Quanto ao tipo de ocupação do edifício, destacam-se as seguintes variáveis: natureza das atividades e processos desenvolvidos no edifício; potencial térmico accidental (relacionado à quantidade de materiais combustíveis presentes

no edifício); e tipos de equipamentos utilizados nas atividades e processos desenvolvidos no edifício (BERTO, 1998).

De acordo com a NBR 10987 as ocupações apresentam-se da seguinte maneira:

- **Ocupações de risco leve:** São compreendidas as ocupações ou parte das ocupações onde a quantidade e/ou a combustibilidade do conteúdo (Carga de Incêndio ou Carga combustível de uma edificação¹) é baixa, tendendo à moderada, e onde é esperada uma taxa de liberação de calor de baixa a média. São exemplos de edificações desse tipo de risco: Edifícios residenciais, escolas, bibliotecas, escritórios (incluindo Centros de Processamento de Dados- CPD).
- **Ocupações de risco ordinário - Grupo I:** São compreendidas as ocupações ou parte de ocupações onde a combustibilidade do conteúdo é baixa e a quantidade de materiais combustíveis é moderada. A altura de armazenamento não pode exceder 2,4 m. São esperados incêndios com moderada taxa de liberação de calor. São exemplos de edificações desse tipo de risco: fabricação de eletrônicos, lavanderias, padarias e confeitarias, restaurantes (áreas de serviço).
- **Grupo II:** São compreendidas as ocupações ou parte de ocupações onde a quantidade e a combustibilidade do conteúdo é de moderada a alta. A altura de armazenamento não pode exceder 3,7 m. São esperados incêndios com alta taxa de liberação de calor. São exemplos de edificações desse tipo de risco: shopping centers, câmaras frias, supermercados, lojas de departamentos, confecções.
- **Ocupações de risco extra ou extraordinário - Grupo I:** São compreendidas as ocupações ou parte de ocupações onde a quantidade e a combustibilidade do conteúdo são muito altas, podendo haver a presença de pós e outros materiais que provocam incêndios de rápido desenvolvimento, produzindo alta taxa de liberação

¹ Segundo a NBR 9.077(2001) - Carga de Incêndio é o conteúdo combustível de uma edificação ou de parte dela, expresso em termos de massa média de materiais combustíveis por unidade de área, pelo qual é calculada a liberação de calor baseada no valor calorífico dos materiais, incluindo móveis e seu conteúdo, divisórias, acabamento de pisos, paredes e forros, tapetes, cortinas e outros. A carga combustível é expressa em MJ/m², ou kg/m², correspondendo à quantidade de madeira (kg de madeira por m²) que emite a mesma quantidade de calor que a combustão total dos materiais considerados nas dependências.

de calor. Neste grupo as ocupações não podem possuir líquidos combustíveis e inflamáveis. São exemplos de edificações desse tipo de risco: Hangares, fábrica de fogos de artifícios, serrarias.

- *Grupo II:* Compreendem as ocupações com moderada ou substancial quantidade de líquidos combustíveis ou inflamáveis.

2.4.

Classificação da edificação quanto ao uso

A edificação segura contra incêndio pode ser definida como aquela em que há uma baixa probabilidade de início de incêndio e para o qual em caso de incêndio, há uma alta probabilidade de que todos os seus ocupantes irão sobreviver'' (Berto & Tomini,1998).

Para efeitos de considerações a respeito de incêndios, segundo a NBR: 9077 de 2001, as edificações são classificadas em:

- a) Quanto à altura, de acordo com a tabela 1:

Tabela 1: Classificação das edificações quanto à sua altura.

Tabela 1: Classificação das edificações quanto à sua altura.			
	Tipo de Edificação		Alturas contadas da soleira de entrada ao piso do último pavimento, não consideradas edículas no ático destinadas a casa de máquinas e terraços descobertos (H)
Código	Denominação		
K	Edificações térreas		Altura contada entre o terreno circulndante e o piso da entrada igual ou superior a 1,00 m
L	Edificações baixas		H ≤ 6,00 m
M	Edificações de média altura		6,00 < H ≤ 12,00 m
N	Edificações medianamente altas		12,00 m < H -30,00 m
O	Edificações altas	0-1	H > 30,00 m
		0-2	Edificações dotadas de pavimentos recuados em relação aos pavimentos inferiores, de tal forma que as escadas dos bombeiros não possam atingí-las, ou situadas em locais onde é impossível o acesso de viaturas de bombeiros, desde que sua altura seja H>12,00 m

Fonte: NBR: 9077(2001).

b) Quanto às suas características construtivas, de acordo com a tabela 2:

Tabela 2: Classificação das edificações quanto às suas características construtivas.

Código	Tipo	Especialização	Exemplos
X	Edificações onde a propagação de fogo é fácil	Edificações com estrutura e pisos combustíveis	Prédios estruturados em madeira, prédios com entrepisos de ferro e madeira, pavilhões em arcos de madeira laminada e outros
Y	Edificações com mediana resistência ao fogo	Edificações com estrutura resistente ao fogo, mas com fácil propagação de fogo entre os pavimentos	Edificações com paredes-cortinas de vidro ("cristaleiras"), edificações com janelas sem peitoris (distância entre vergas e peitoris das aberturas do andar seguinte menor que 1,00m), lojas com galerias elevadas e vãos abertos e outros
Z	Edificações onde a propagação do fogo é difícil	Prédios com estrutura resistente ao fogo e isolamento entre os pavimentos	Prédios com concreto armado calculado para resistir ao fogo, com divisórias incombustíveis, sem divisórias leves, com parapeitos de alvenaria sob as janelas, ou com abas prolongando os entrepisos ou outros

Fonte: NBR: 9077(2001).

Quanto as suas características construtivas, a orientação da ABNT é que os prédios devem ser projetados, preferencialmente, dentro do código Z.

3

A água como agente extintor de incêndios em edificações

3.1.

Incêndios

Neste item, pretende-se apresentar o conjunto de conhecimentos de pré-requisitos que determinam o evento da combustão de uma substância, indispensável para a compreensão dos princípios em que se baseia a ciência do controle e extinção do fogo.

De acordo com a NBR13.860 (1997), incêndio é o fogo fora de controle. Dá-se o nome de Incêndio, a todo fogo anômalo: tanto o que simplesmente se manifesta como o que ameaça destruir alguma coisa ou o que, não sendo obstado, se propaga e envolve tudo quanto possa consumir, seja ele fortuito ou proposital.

Vale ressaltar que somente há fogo quando há combustão, e desta maneira fogo e combustão estão intimamente ligados, podendo ser definidos como: O fogo é definido como um fenômeno físico-químico onde se tem lugar uma reação de oxidação rápida que gera calor, luz e fumaça denominada de combustão. Contudo para que haja condições de iniciação do incêndio, preponderantemente se faz necessário que o combustível e o oxigênio estejam presentes, de forma quantitativa, em proporção adequada, no que está submetido a composição química do combustível (COSTA NETO, 2008).

Inicialmente acreditava-se que para haver a incidência do fogo, deveria suceder a ocorrência simultânea dos três componentes, conforme figura 1. Os três elementos que compõem cada lado do triângulo - combustível (material), comburente (oxigênio) e uma fonte de calor - devem coexistir ligados para que o fogo exista e assim se mantenha, segundo BRENTANO, T. (2016).

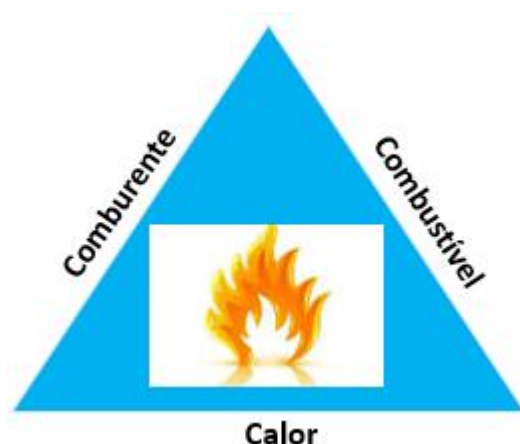


Figura 1: Triângulo do fogo.
Fonte: Brentano, T. (2016).

Logo após em um curto espaço de tempo adiante e, segundo SEITO et al (2008) com a descoberta do agente extintor “halon”, foi necessário mudar a teoria, a qual atualmente é conhecida como *Tetraedro do Fogo*. A interpretação da figura 2 é: cada uma das quatro faces representa um elemento do fogo - combustível, comburente, calor e reação em cadeia - e devem coexistir ligados para que o fogo se mantenha.



Figura 2: Tetraedro do fogo.
Fonte: Brentano, T. (2016).

A mistura do comburente e combustível, em determinada proporção, não resulta em ignição, ao menos que se ministre uma energia de ativação. Uma vez iniciada uma combustão se produzem dois processos distintos: um térmico e outro

de modificação material. Por processo térmico se entende o desprendimento de calor, parte da qual se dissipa no entorno por meio da radiação, convecção e condução. Para que a reação se mantenha, parte desse calor deve aquecer o comburente e o combustível gerando radicais livres e a reação em cadeia para manter a combustão. Desta forma o tetraedro do fogo representa os quatros elementos necessários para que haja combustão continuada, BRENTANO, T. (2016).

Vale destacar que a combustão ocorrida em um incêndio origina três produtos, são eles: o calor, a fumaça e a chama.

3.2.

Classificação dos incêndios

De acordo com GOMES (1998), a classificação dos incêndios requer observância como premissa essencial, pois assim a forma como é analisada possibilita conhecer de maneira metodológica seus aspectos e impactos de periculosidade. Qualquer sistemática que seja apropriada haverá sempre material combustível envolvido, em grau maior ou menor quantidade, representando pelo mobiliário, pelas peças decorativas, aparelhos elétricos, livros paredes divisórias, forros falsos, nas áreas residenciais e comerciais. Nos parques de áreas industriais, outros materiais, como os aplicados nas embalagens e nas matérias-primas de fabricação de produtos, inclusive químicos. A esses supracitados, se podem juntar os utilizados na construção dos prédios.

Os incêndios são classificados em função das características dos combustíveis conforme mostra a tabela abaixo de classes de incêndio, sendo esta classificação útil para adequação do agente extintor. A NFPA 10 (2013) classifica o incêndio de acordo com o material combustível em 5 classes conforme tabela 3.

Tabela 3: Classes de Incêndio.

Classe	Tipos de Materiais Combustíveis
A	Materiais sólidos fibrosos, tais como: madeira, papel, tecido, etc; que queimam em superfície e profundidade e se caracterizam por deixar após a queima, resíduos como carvão e cinzas.
B	Líquidos e gases inflamáveis, que queimam apenas em B superfície ou em sólidos que se liquefazem para entrar em combustão: gasolina, GLP, parafina, etc.
C	Envolvem equipamentos elétricos energizados: motores, geradores, computadores, painéis elétricos, cabos, etc.
D	Metais pirofóricos, tais como: magnésio, titânio, potássio, zinco, sódio, fósforo, etc.
K	Elementos gordurosos e oleosos em cozinhas.

Fonte: NFPA 10-2013.

3.2.1.

Incêndio de Classe A

São os combustíveis mais usuais (madeira, têxteis, papel, alguns plásticos e borracha). A característica desta classe na dinâmica de queima é que deixam cinzas, além da combustão ocorrer na superfície e em profundidade.

O método de extinção aplicado ao incêndio da Classe A, é que nele seja realizado o resfriamento com água para diminuir a temperatura do material em combustão abaixo do seu ponto de combustão.

3.2.2.

Incêndio de Classe B

São os que se sucedem em líquidos inflamáveis ou combustíveis. Sua característica é quando queimam não deixam resíduos, ainda sua combustão ocorre restritamente acima da superfície do líquido.

O abafamento e a interferência na reação em cadeia são os métodos de extinção mais adequados para esta classe.

3.2.3.

Incêndio de Classe C

São os que ocorrem em equipamentos elétricos energizados. Para sua extinção deste tipo de material devem ser utilizados agentes extintores não condutores de energia elétrica (Gás Carbonico-CO₂, Agentes químicos e Pó Químico Seco-PQS).

3.2.4.

Incêndio de Classe D

Ocorrem em metais pirofóricos (magnésio, manganês, antimônio, titânio, etc), são materiais que queimam mais rapidamente pois reagem com o oxigênio atmosférico culminando em temperaturas mais altas que outros materiais combustíveis. O abafamento é o método de extinção mais apropriado. Exige agentes extintores especiais que se fundem em contato com o metal em combustão, formado uma capa que isola do ar atmosférico, interrompendo a combustão.

3.2.5.

Incêndio de Classe K

São os decorrentes em materiais gordurosos e óleo oriundos de ambientes de cozinha. As características dos agentes extintores trabalham no princípio da saponificação e, que depois de aplicadas neste tipo de incêndio reagem com o ácido graxo criando espuma de sabão na superfície, o que mantém os vapores e vapor e extingue o fogo.

3.3.

Métodos de extinção

De acordo com Bentrano, T. (2016), a partir da percepção dos elementos que são necessários para se obter o fogo, por inferência temos que, para extingui-lo basta eliminar apenas um dos três elementos no mínimo, ou interromper a reação química em cadeia.

O fogo é um processo químico que obedece rigorosamente às leis físico-químicas e os métodos de extinção são de acordo com cada elemento componente do fogo que se pretende neutralizar:

- **Extinção por resfriamento (retirada do calor):** Com a utilização de um agente extintor, ele absorve calor do fogo e do material em combustão, que resulta no resfriamento deste. Em geral o método de extinção por resfriamento do material em combustão é a maneira mais comum de extinguir o fogo em edificações e o agente extintor mais utilizado é a água. É o mais empregado para incêndios de classe A.
- **Extinção por Abafamento (retirada do comburente):** Para este método busca-se evitar que o material em combustão seja alimentado por mais oxigênio do ar, o que atenua a sua concentração na mistura inflamável. Aplicando-se a teoria na prática é quando no caso de incêndios em edificações, isso é conseguido abafando o fogo com espuma aquosa que é mais leve e insolúvel na água ou isolando o local com o fechamento. Outra forma de aplicar este método é extinguir o fogo por abafamento, atenuando o índice o de concentração de oxigênio no ar, com o uso de agentes extintores de gases inertes, sendo os mais comuns: Argônite, Argotec o Nitrogênio puro e o gás CO₂. Esses agentes são mais empregados para incêndios Classe B e Classe C.
- **Extinção por Isolamento (retirada do material):** Atinente a retirada, diminuição ou dissolução da quantidade de material ainda não alcançado pelo incêndio ou, ainda, isolamento na esfera de desenvolvimento do fogo. Em casos práticos por exemplo, nos casos de incêndios em tanques de combustíveis o fogo acontece na superfície do líquido, e que este podendo ser retirado para outro local através de uma tubulação-fosso instalada em sua parte mais baixa. Em outro caso

por exemplo pode fechar o registro do gás, extinguindo o fogo do queimador por ausência de combustível. No caso de incêndio em edificações é quase inexistente ou mesmo impossível de neutralização.

- **Extinção química (retirada da cadeia de reação química):** Com a possibilidade de adição ao fogo, para o combate, de determinados agentes extintores, suas moléculas se dissociam pela atuação do calor formando átomos e radicais livres, que se combinam com a mistura inflamável do gás ou vapor do material combustível com o comburente, resultando em outra mistura não-inflamável, quebrando a reação química em cadeia.

3.4.

Agentes extintores de fogo

De modo que se alcance a extinção do fogo, se faz necessário eliminar, pelo menos, um dos dois componentes formadores do fogo. Para que seja alcançado a eliminação do fogo, na maioria dos casos, deve-se utilizar a água ou algumas substâncias químicas, sólidas, líquidas ou gasosas, denominadas de *agentes extintores*, que detêm domínio direto sobre um ou mais desses componentes. O agente extintor ser utilizado deve ser adequado, objetivando ação rápida e eficiente, entregando o mínimo impacto às vidas das pessoas, ao conteúdo e a edificação.

De acordo com BRENTANO, T. (2016), os principais agentes extintores utilizados são a água, espuma aquosa, gases inertes e pós químicos. A água, como é o principal agente extintor de incêndio e objeto de estudo deste trabalho, terá uma descrição mais detalhada.

3.4.1.

Água

Segundo BRENTANO, T. (2016), a água é a substância mais utilizada como agente extintor de incêndios por diversas razões e por ser um agente extintor universal, por isso o seu emprego é sustentado por inúmeras razões:

- É a mais difundida na natureza e, a mais disponível, mais barata e abundante;
- É a mais efetiva no combate ao fogo, porque tem grande poder de absorção de calor;
- É um agente extintor seguro, ambientalmente limpo, não corrosivo e estável.
- Possui formas de extinção do fogo, sendo um agente extintor muito efetivo, agindo simultaneamente por resfriamento e abafamento, de acordo com seu estado físico:
 - **Estado Líquido** - Pode se ser utilizado de duas formas: *Jato compacto*, que atua por resfriamento e *Jato de neblina*, que atua por resfriamento e abafamento.
 - **Estado Gasoso** – Na forma de vapor, atua exclusivamente por abafamento. Atuando na ascendente inundação que atua reduzindo a taxa de oxigênio que chega a combustão e, consequentemente a inflamabilidade do combustível.

De acordo com Costa Neto (2008), como agente extintor, a água age principalmente por resfriamento e por abafamento, podendo paralelamente agir por emulsificação e por diluição, segundo o estado físico e a maneira como é empregada.

Na supressão por resfriamento, o fogo será extinto quando a superfície do material em combustão for resfriada até uma temperatura abaixo daquela que libera vapores em quantidade suficiente para manter a combustão. Na forma de gotículas, a água é facilmente convertida em vapor, aumentando o efeito de resfriamento pela absorção do calor. Incêndios de Classe A (combustíveis sólidos) deve ser extinto pela ação de resfriamento, pois atua em profundidade nestes materiais.

A extinção por abafamento ocorre quando se gera vapor em quantidade suficiente para o deslocamento do ar. Os incêndios de Classe B (incêndios em líquidos inflamáveis e gases combustíveis) podem ser extintos pela ação de

abafamento, ajudada pela absorção de calor pelo vapor confinado na área de combustão, até a sua condensação, evidenciada pela formação de nuvens de vapor d'água (fumaça branca).

A extinção por emulsificação é empregada na extinção de líquidos inflamáveis viscosos, onde o efeito de resfriamento em sua superfície, pela aplicação da água, impedirá a liberação de seus vapores inflamáveis ou retardará, no caso de formação de espuma (forma que a emulsificação apresenta para alguns líquidos viscosos).

3.4.2.

Espuma Aquosa

A espuma aquosa ou mecânica é composta por bolha de gás, geralmente ar, formada a partir de uma solução aquosa de um agente concentrado líquido especial de espuma (AFF - *Aqueos Form Foam*) que é misturado água e ao ar. É produzido por turbilhonamento da água com líquido gerador de espuma (LGE) em determinadas proporções e o com aspiração simultânea de ar atmosférico. Sua característica apresentada depois de sua formação é que esta possui densidade menor que a da água, possibilitando dessa maneira flutuar sobre líquidos inflamáveis mais leves que a água, resultando uma cobertura que elimina o contato com o oxigênio e, conseqüentemente sua forma de extinção de fogo é por abafamento. A sua utilização é normalmente aplicada em extinção de fogos em líquidos derramados ou armazenados em tanque combustíveis, hangares, pátios de aviões e etc (BRENTANO, T. (2016)).

3.4.3.

Pó Químico Seco

A extinção com pó químico ocorre de duas maneiras, a primeira é por abafamento e a segunda acontece por meio da reação em cadeia do produto que coopera para a extinção da chama. A seleção do pó químico mais adequado à proteção de um determinado risco exige cuidadosa análise de seu emprego, devido

a diferentes tipos de pó, que têm características apropriadas para cada classe de incêndio.

Segundo Costa Neto (2008) Sistemas com pó químico podem ser pressurizados diretamente no recipiente de armazenamento ou por cilindro separado de gás, ou seja, por pressão injetada, normalmente se utiliza o nitrogênio como agente de pressurização, podendo também ser utilizado o CO₂. Os agentes extintores à base de bicarbonato de potássio e uréia ou à base de bicarbonato de potássio devem ser preferidos aos de bicarbonato de sódio, por possuírem maior capacidade extintora.

3.4.4.

Gases Inertes

Os gases mais utilizados para o combate a incêndio, até recentemente, eram os halogenados, como o trifluorobromometano (Halon, 1301) e o difluorclorobromometano (Halon 1211). Todavia sua nocividade ganhou relevância e com a informação que causava danos a camada de ozônio, foram proibidos e substituídos a partir da década de 1990 por outros gases, como FM-200, os da série FE, Inergen, 3M Novec 1230 entre outros. Os gases Inertes mais utilizados são o dióxido de carbono, nitrogênio, argônio e outros. Entre esses citados os mais utilizados, barato e maior eficácia são o dióxido de carbono, anidrido carbônico ou gás carbônico (CO₂), embora sejam nocivos para as pessoas que se encontram no ambiente protegido. A forma de extinção do fogo do dióxido de carbono é por abafamento, atuando na diluição do oxigênio no ar, diminuindo a geração de calor que mantém a combustão até a extinção completa do fogo. A indicação do uso deste tipo de gases em combate a incêndios é para equipamento energizados eletricamente, arquivos, bibliotecas, *Datas Centers*, museus e etc., e em quase todos os materiais combustíveis.

4

Sistemas hidráulicos automáticos de combate a incêndios

A água é o mais completo dos agentes extintores. A sua relevância é consabida, pois mesmo que não leve à extinção total do incêndio auxilia no isolamento de riscos e facilita a aproximação dos bombeiros ao fogo para o emprego de outros agentes extintores (GOMES (1998)).

Segundo SEITO et al (2008), a água é o mais completo dos agentes extintores. A sua importância é ratificada também na aproximação dos bombeiros ao fogo para o emprego de outros agentes extintores. Atualmente os sistemas de proteção automáticos hidráulicos mais utilizados contra incêndio são os sistemas de hidrantes e mangotinhos, sistema de chuveiros automáticos-Sprinklers e sistema de água nebulizada (*Water Mist*), tendo como objetivo o controle, a extinção rápida e eficiente de um incêndio. Importante registrar que esta pesquisa, como dito inicialmente, terá como escopo de trabalho a abordagem dos sistemas automáticos *Sprinklers* e *Water Mist*.

4.1.

Chuveiros automáticos (*Sprinklers*)

O uso dos chuveiros automáticos (*Sprinklers*) iniciou-se no século XIX, todavia o aprimoramento dos diversos tipos de sistemas e de chuveiros tenha sucedido no século XX.

O primeiro projeto do sistema de chuveiros automáticos foi criado na Inglaterra e a ideia funcional do sistema como todo permanece até hoje, em 1806, por John Carey. Esse sistema consistia de tubos perfurados conectados a um sistema de suprimento de água com um reservatório elevado. A coluna de distribuição de água continha uma válvula fechada conectada a um sistema de cordas e de pesos, que era arranjado de tal forma que as cordas ao serem

queimadas abriam uma válvula por operação de um contrapeso liberando água para a extinção do fogo, BRYAN (1976).

A medida de proteção ativa *Sprinkler* é um sistema de combate fixo automático contra incêndio compostos por tubulações e dispositivos especiais (bicos aspersores e bulbos quartzóide/elemento fusível) que são uniformemente distribuídos com espaçamentos adequados de acordo com o tipo de classe de risco inerente, para proteção de determinados ambientes. Quando expostos ao calor liberado pelas chamas do incêndio, o elemento fusível que previamente já detém uma temperatura pré-estabelecida, é quebrado e provocando um chuveiro de pequenas gotas sobre o foco de incêndio, com determinada densidade e área de cobertura, em função da pressão, do tipo de dispositivo e do diâmetro do orifício de passagem da água de acordo com PITÉU, J.T.V (2011).

Detém composição básica congênere ao sistema de hidrantes (manancial de água, rede de distribuição e sistema de pressurização), entretanto, em vez do hidrante no ponto final da rede, existe um conjunto de bicos aspersores (*Sprinklers*) que são vedados por um dispositivo termosensível ao calor e que liberam a passagem de água na ocorrência de um incêndio, a água é projetada sobre o fogo na forma nebulizada, aumentando sua eficiência. (MELO, 1999).

O COSCIP em seu art. 76, orienta e referencia como desenvolver o projeto e a instalação de chuveiros automáticos (*Sprinklers*) devem ser implementados e submetidos à luz da NBR 10.897:2014 - Sistema de Proteção contra incêndio por chuveiros automáticos. As generalidades, classificação, tipos de edificações e área máxima de proteção de posicionamento dos *Sprinklers* deste sistema são supramencionados no art.80 do referido código estadual. Vale destacar que normas internacionais fornecem suporte como alternativas de desenvolvimentos de projetos, avaliação cuidadosa de proposta para adequação e preferência dos *Sprinklers* e possibilidades de proteção de incêndio de uma única fonte de ignição como a NFPA 13:2013 – *National Fire Protection Association*, dos Estados Unidos da América.

Segundo BRENTANO, T. (2016) as vantagens de um sistema de chuveiro automático (*Sprinklers*) são várias, destacando-se as seguintes:

- É um sistema totalmente automático;

- Com a sua entrada em funcionamento aciona-se um alarme em simultâneo;
- Tem uma rápida dispersão de água sobre o foco de incêndio;
- A sua ação restringe-se unicamente a um perímetro de atuação de contra o fogo.

As premissas da proteção contra incêndio para projetos nas edificações com utilizam chuveiros automáticos estão embasados no princípio da descarga automática de água, com densidade suficiente para controlar ou extinguir focos iniciais de fogo de acordo com BRENTANO, T. (2016).

Como o sistema de chuveiros automáticos exige instalações de porte como reserva de água própria, casa de bomba exclusiva e etc, o seu projeto deve ser executado simultaneamente com o projeto arquitetônico e seus complementares, buscando-se uma solução mais racional e funcional na operação da edificação.

Conforme a NBR 10897 (2014), os sistemas de chuveiros automáticos classificam-se em: sistema de tubo molhado, sistema de tubo seco, sistema de ação prévia e sistema de dilúvio.

De maneira geral o sistema mais adotado em projetos é o sistema de tubo molhado, visto que em situações específicas para aplicação de outros tipos de sistemas são regidos pelo COSCIP ou para edifícios construídos anteriormente ao código do bombeiro estadual.

4.1.1.

Elementos de um sistema de chuveiro automático

Segundo a NBR 10.897: 2014 os elementos componentes do sistema da rede de chuveiros automáticos são apresentados na figura 3:

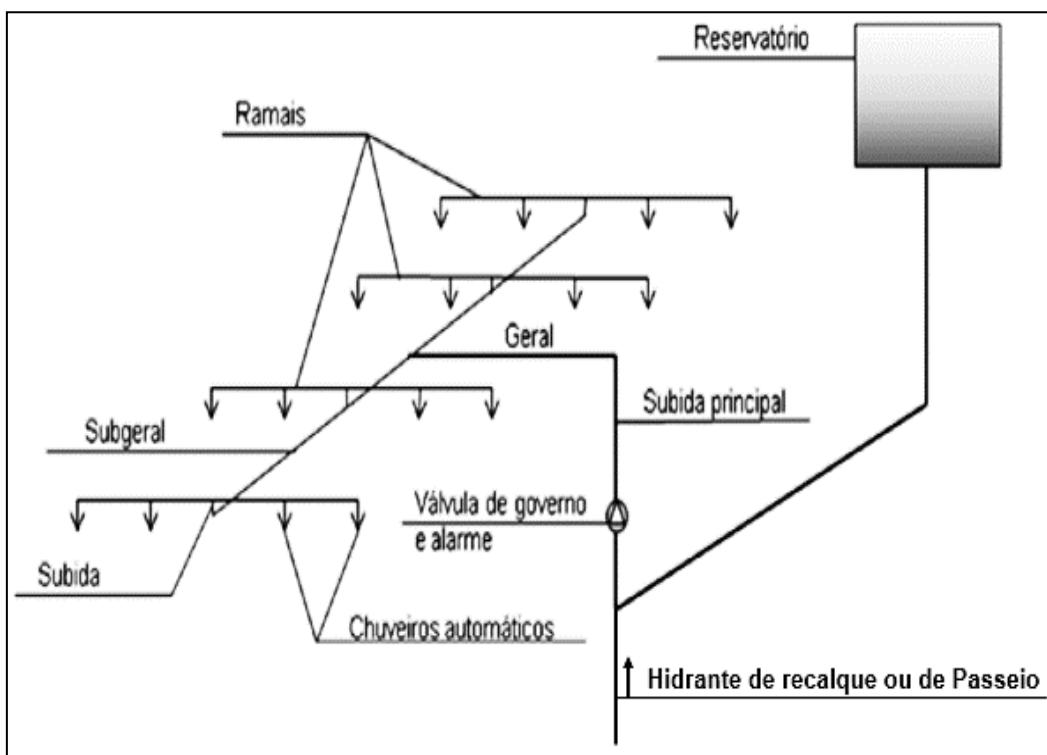


Figura 3: Elementos do sistema de chuveiros automáticos.

Fonte: Seito et al. (2008) Adaptado.

4.1.1.1.

Suprimento de água para o sistema

A NBR13.714 (2000) recomenda que toda instalação deve dispor de duas fontes de suprimento de água independentes. A primeira é o provimento principal, que é o próprio reservatório do edifício, projetado dar combate inicial ao incêndio e a fonte secundária é com a entrada de água pelo hidrante de recalque² acionado pela auto bomba-tanque acionado pelo corpo de bombeiros.

Segundo SEITO et al. (2008), o volume de água requerido para o sistema de chuveiros automáticos está vinculado com o número de chuveiros conectados para entrar em operação que, por sua vez, depende do potencial de resfriamento da descarga de água ser maior que a liberação de calor gerado pelo fogo. É imprescindível que todo projeto de sistema de chuveiro automático (*Sprinklers*)

² Hidrante de recalque: Dispositivo para uso do Corpo de Bombeiros, que permite o recalque de água para o sistema, podendo ser dentro da propriedade quando o acesso do Corpo de Bombeiros estiver garantido. NBR 13.714: 2000.

deve possuir pelo menos um sistema de abastecimento de água. O abastecimento de água para combate a incêndio segundo a NBR13.860: 1997 é a quantidade de água exclusiva para combate a incêndios, já o decreto de nº 897 de 1976 do estado do Rio de Janeiro que trata sobre o COSCIP, define este abastecimento como RTI sendo o volume d'água do reservatório previsto para o combate a incêndio.

De acordo com a BRENTANO, T. (2016) todo sistema de chuveiros automáticos deve ter pelo menos uma das fontes de abastecimento de água:

- ***Uma fonte interna própria de operação automática.*** O volume de água requerido para um sistema de chuveiros automáticos pode ser provido segundo uma das seguintes formas:

a) *Reservatório:*

- Elevado (superior), com água potável ou de chuva, com abastecimento por gravidade, providos ou não de *bombas de reforço*, conforme a pressão mínima requerida do chuveiro automático mais desfavorável da edificação;
- Térreo (inferior), com água potável ou de chuva, com *bombas de recalque* a partir do reservatório inferior;
- Natural, como rio, açude, lago, piscina e etc, com bombas de recalque;

b) *Tanque de pressão:* Este tanque apresenta-se na forma de um cilindro de aço, posicionado geralmente na vertical, que detêm uma capacidade de armazenamento de água de acordo com a classe de riscos da edificação, com 2/3 do seu volume com água e 1/3 com ar sob pressão que exerce função como um acumulador de energia. Ainda segundo BRENTANO, T. (2016) a utilização de um tanque como este integrado ao sistema de chuveiros automáticos deve ser analisado caso a caso.

▪ ***Uma fonte externa***

A fonte externa se refere ao abastecimento proporcionado pela autobomba-tanque do corpo de bombeiro ou, então, diretamente feita pela conexão do hidrante da rede pública de água, se ele estiver bem próximo ao local do incêndio e houver pressão suficiente no momento do incêndio.

Segundo BRENTANO, T. (2016) os reservatórios podem ser de uso exclusivo para incêndio ou, então, de uso misto, que por sinal é muito comum para os riscos leves conforme algumas legislações, que compreende os volumes de água para consumo e para a reserva técnica de incêndio. Neste cenário, a RTI requer uma exclusividade, de forma contínua, não podendo ser utilizada para outro fim a não ser para o combate a incêndio. Os volumes das reservas técnica de incêndio podem ser:

A eficiência de um sistema de chuveiros automáticos está ligada diretamente ao abastecimento de água, apropriado as dimensões e a respectiva área da edificação a ser protegida sustendo a confiabilidade dos parâmetros pré-estabelecidos no projeto como o volume, vazão e pressão na VGA ou nos chuveiros automáticos mais desfavoráveis hidraulicamente da unidade predial. Este abastecimento de água deve ter sua atuação funcional totalmente automática, na medida em que seus elementos sensores ou acessórios de automação executem a ignição dos motores das bombas em casos de incêndio (BRENTANO, T. (2016)).

Em caso de cenário em que a edificação deva ser protegida por sistemas de hidrantes/mangotinhos³ e de chuveiros, o respectivo reservatório de água pode ser de uso comum, bem como os sistemas de bombas de incêndio. Para este cenário, a demanda global mínima requerida para a proteção da edificação por sistemas hidráulicos é definida agregando à demanda mínima de água do sistema de *Sprinklers* a solicitação de água do sistema de hidrante/mangotinhos internos,

³ Segundo a ABNT NBR 13.714 (2000) - **Hidrante:** Ponto de tomada de água onde há uma (simples) ou duas (duplo) saídas contendo válvulas angulares com seus respectivos adaptadores, tampões, mangueiras de incêndio e demais acessórios. **Mangotinho:** Ponto de tomada de água onde há uma (simples) saída contendo válvula de abertura rápida, adaptador (se necessário), mangueira semirrígidas, esguicho regulável e demais acessórios.

todavia devem ser asseguradas os parâmetros (vazões, pressões) mínimas exigidas para cada um dos sistemas, sem desprezar o volume mínimo de água, segundo BRENTANO, T. (2016). A figura 4 apresenta um esquema geral de canalização enquanto que a figura 5 ilustra um esquema de reservatório superior de uso misto.

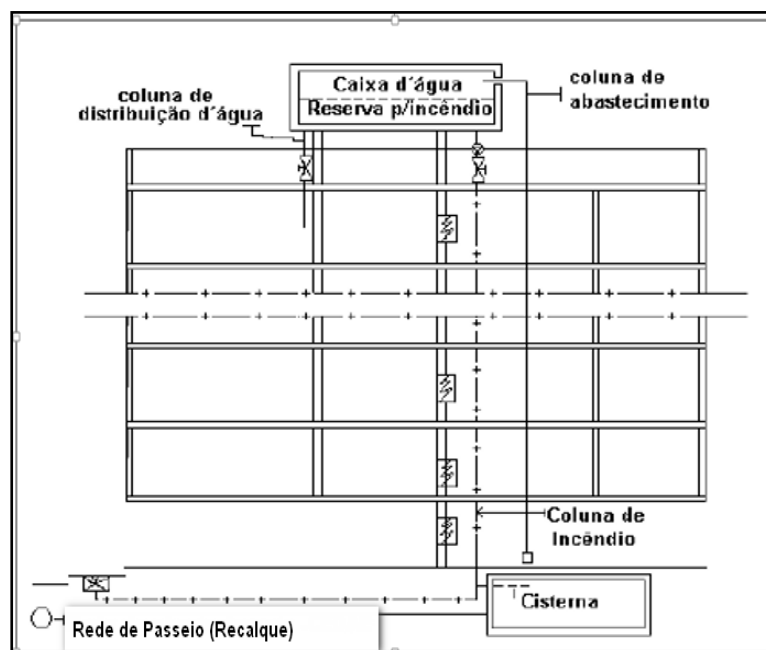


Figura 4: Corte esquemático de uma edificação figurando a canalização. Fonte: COSCIP 1976.

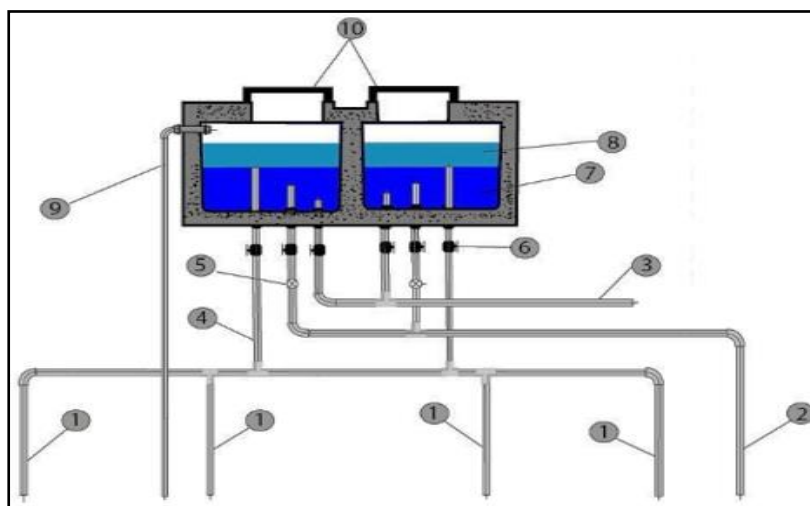


Figura 5: Corte esquemático do reservatório superior de uso misto. Fonte: Elaborada pelo autor.

LEGENDA (Figura 5)

1-Colunas de água frias	2-Tubulação para combate a incêndio	3-Tubulação para limpeza
4-Colar	5-Válvula de retenção	6-Registro de gaveta
7-RTI	8-Água para consumo	9-Tubulação para recalque
10-Tampa de inspeção		

A demanda de água para os sistemas de chuveiros automáticos e a determinação da capacidade efetiva dos reservatórios para armazenar a reserva técnica de incêndio depende diretamente da metodologia de cálculo utilizada, que pode ser cálculo por tabela ou cálculo hidráulico, e de acordo com as orientações da NBR 10.897(2014).

4.1.1.2.

Sistema de Pressurização e Comando Contra incêndios

De acordo com BRENTANO, T. (2016), para que a água chegue até os chuveiros automáticos mais desfavoráveis da edificação adequadamente são necessários que três requisitos sejam observados como: volume, qualidade e pressão mínima determinada por norma ou código legal local. No atendimento deste último requisito, pressão mínima, o sistema responsável por realizar essa tarefa são as bombas. Qualquer sistema de bombas é formado, essencialmente, por:

- ***Um ou dois reservatórios:*** Para o cenário de instalações hidráulicas de combate a incêndio, havendo um reservatório exclusivo, ele é único e pode ser elevado ou inferior. Em outro cenário no caso de for uso misto, água para consumo e incêndio, pode haver dois reservatórios, sendo um inferior e outro superior, contudo a RTI deva estar contido em apenas um dele.
- ***Grupos motor-bomba:*** é o conjunto de formado por uma bomba acoplada a um motor, que deve prover energia suficiente para água vencer o desnível geométrico entre os dois reservatórios e alcançar o local desejado com a pressão e vazão requerida por norma. De maneira geral o conjunto grupo motor-bomba que compõe o sistema de bombas de incêndio se apresenta assim: Uma bomba principal (acionada por motor elétrico), sendo que as bombas principais possuem a função de abastecer com água com determinada pressão o sistema hidráulico. Uma segunda bomba (acionada por motor elétrico ou a diesel ou gasolina) e

por fim uma bomba de pressurização “Jockey”, nem sempre necessária, todavia esta executa a função de evitar uma possível operação indevida da bomba principal, visto que a bomba de pressurização é projetada para compensar pequenos e eventuais vazamentos na tubulação, em uma faixa de pressão hidráulica preestabelecida para garantir uma pressão hidráulica de supervisão no sistema de distribuição. Na figura 6 indica-se um esquema das bombas de incêndio de um sistema de chuveiros automáticos de tubulação molhada e acionada por pressostatos que abrange desde a captação de água para o incêndio e o arranjo das bombas:

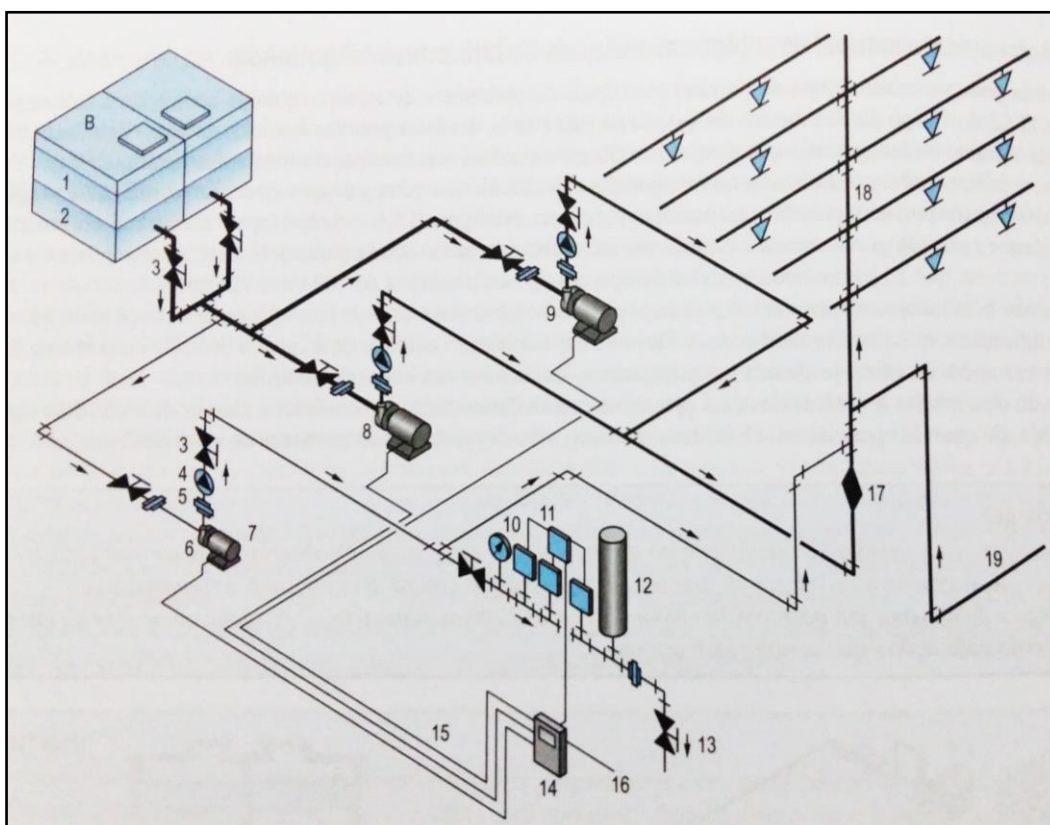


Figura 6: Esquemático de bombas principais e de pressurização de um sistema de chuveiros automáticos. Fonte: Brentano, T. (2016)

LEGENDA (Figura 6)

B- Reservatório Inferior	1- Reserva de Consumo	2- Reserva de Incêndio	3- Válvula de bloqueio
4- Válvula de retenção	5- Junta de União	6- Bomba de pressurização	7- Motor bomba
8- Bomba principal nº1	9- Bomba principal nº2	10- Manômetro	11- Pressóstatos
12- Cilindro de Pressão	13- Dreno	14- Painel de controle	15- Circuitos de motores
16- Vem do medidor	17- VGA	18- Vai para os chuveiros	19- Vem do registro de passeio

- **Canalizações, de sucção e de recalque:** A canalização de sucção referente ao trecho de canalização que vai da tomada do reservatório (inferior ou superior) até a entrada do eixo da bomba. A canalização, do trecho A ao ponto B na figura a seguir se apresenta de duas formas, além das figuras:
 - ✓ *Sucção positiva ou bomba afogada:* É quando o nível da água do reservatório que alimenta a canalização de sucção encontra-se acima do eixo da bomba (figura 7).
 - ✓ *Sucção negativa ou bomba de aspiração:* Ocorre quando o nível da água do reservatório está abaixo do eixo da bomba (figura 8).

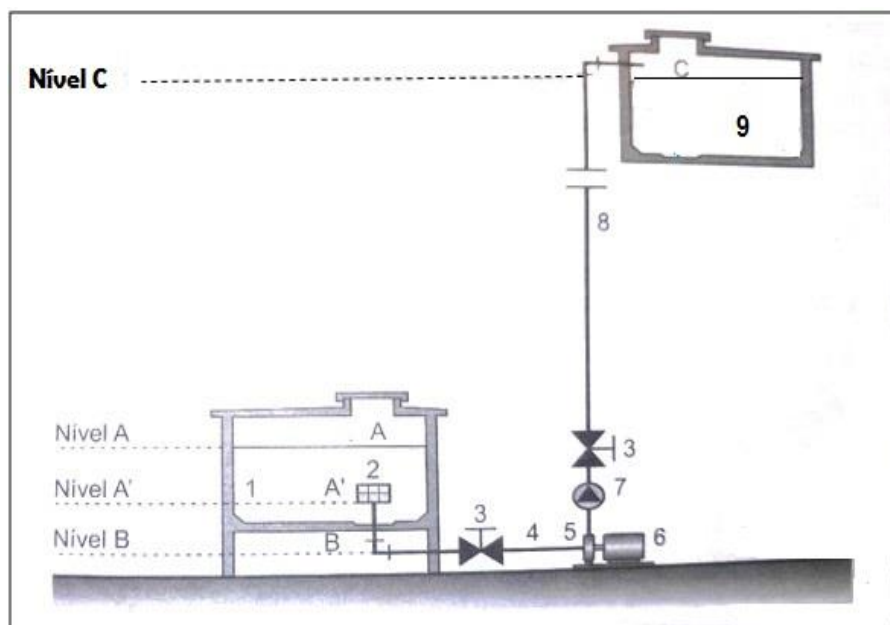


Figura 7: Sucção positiva.
Fonte: Brentano, T. (2016).

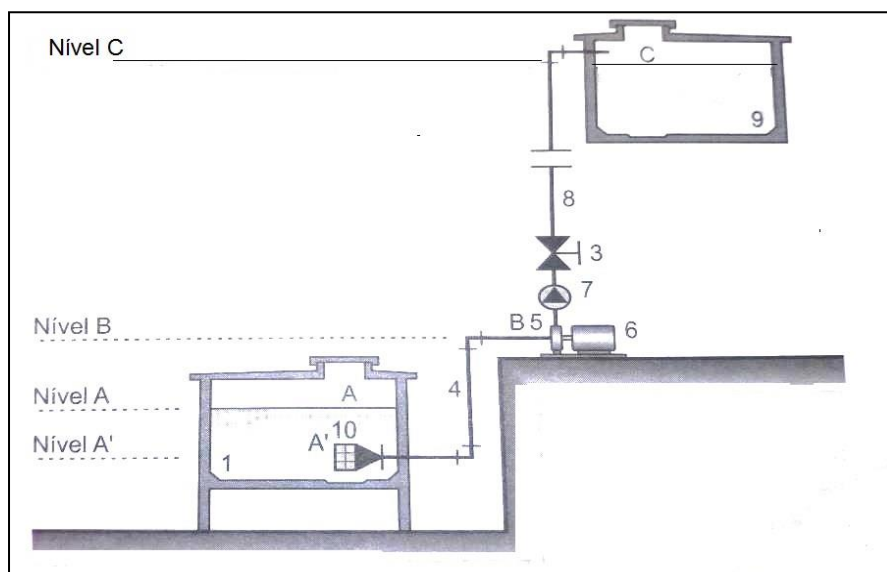


Figura 8: Sucção Negativa.
Fonte: Brentano, T. (2016).

LEGENDA (Figura 7 e 8)		
1. Reservatório Inferior	2. Crivo	3. Válvula de bloqueio
4. Canalização de sucção	5. Bomba de recalque	6. Motor bomba
7. Válvula de retenção	8. Canalização de recalque	9. Reservatório Superior
10. Válvula de pé com crivo	A- Nível d'água	B- Nível do eixo da bomba

✓ *Canalização de recalque:* Corresponde o trecho da canalização que vai do eixo da bomba até a tomada de incêndio mais desfavorável e/ou mais distante da instalação.

▪ **Dispositivos, acessórios e materiais:**

➤ *Materiais:* No que tange a materiais, pode-se salientar que as redes de distribuição de água das instalações de combate a incêndio devem ser projetadas e executadas com canalizações e conexões confeccionadas de acordo com as características técnicas previstas nas normas e, de acordo com a sua localização. Os materiais recomendados pelas normas brasileiras para as canalizações segundo sua localização: as redes de canalizações aéreas ou aparentes podem ser: Cobre (sem costura), Aço carbono (com ou sem costura), Aço galvanizado (com ou sem costura), Aço inoxidável, CPVC (Policloreto de Vinila Clorado) conforme

NBR10.897 de Vi. As *Redes enterradas* podem ser: Cobre (sem costura), Ferro fundido centrífugo, Aço carbono (com ou sem costura), Aço galvanizado (com ou sem costura), CPVC e PVC rígido, enterrado e localizado fora da projeção da edificação. Entre os diversos meios utilizados para ligar canalizações entre si, como válvulas, conexões, acessórios e aos equipamentos de instalações hidráulicas de combate a incêndio pode-se destacar: Com solda, Com roscas, Com flanges, com Braçadeiras e De ponta e bolsa (utilizadas na ligações de ferro fundido).

- Dispositivos: Os dispositivos mais importantes para um sistema de chuveiros automáticos serão descritos abaixo, e quando necessário sua respectiva função dentro da ordem de prioridade e importância a fim de aplicar uma melhor didática e conhecimento do sistema em si. São eles: as válvulas, os dispositivos de alarmes e monitoramento, as conexões de teste/drenagem e o filtro de lama.

Válvulas: São dispositivos instalados estrategicamente, dentro do sistema de distribuição de água, localizados para liberar, controlar e intervir no fluxo da água nas canalizações. As modalidades mais aplicadas nas instalações hidráulicas de combate a incêndio que executam funções como: Bloqueio, Controle de fluxo, Retenção ou controle unidirecional, Controle de pressão.

As mais conhecidas e utilizadas nos sistemas de chuveiros automáticos: Válvulas de bloqueio, Válvulas de gaveta, Válvulas de esfera, Válvulas de Controle de Fluxo (Válvulas globo, Válvulas de borboleta) Válvulas de Retenção (Válvula de pé), Válvulas Automáticas de Controle de Sistemas de Chuveiros Automáticos: É uma válvula de retenção com controle automático que libera a passagem da água para o sistema de chuveiros automáticos e para as canalizações que alimentam o sistema de alarme acoplado, gerenciada por dispositivos de detecção e/ou por sistema mecânico, elétrico, pneumático ou hidráulico, são elas: Válvula Automática de Controle de Sistema de Canalização Molhada, Válvula Automática

de Controle de Sistema de Canalização Seca, Válvula Automática de Controle de Sistema de Pré-Ação, Válvula Automática de Controle de Sistema Dilúvio. Válvulas de Controle de Pressão (Válvula de alívio, Válvula redutora de pressão), Dispositivos de alarme de escoamento de água: Sendo a *válvula ou chave de fluxo* utilizada apenas em sistemas de canalização molhada. A válvula ou chave de fluxo possui um pequeno disco flexível móvel, de metal ou plástico, articulado na sua parte superior e perpendicular ao fluxo de água, conformando uma tênue barreira, ligado ao motor da bomba, a um interruptor elétrico de alarme ou a um transmissor do sistema de sinalização. Um escoamento de água no sentido dos chuveiros automáticos, levanta o disco flexível, ativando um circuito elétrico, que conseqüentemente ativa o sistema de alarme. O Pressostato, dispositivo utilizado para equalização da pressão, que em sua aplicação objetiva na ligação automática do relé da chave magnética dos motores das bombas e dos compressores de ar, que segundo a sua alternância da pressão da água e do ar da canalização, respectivamente. Pode ser de comando simples ou duplo. Os pressostatos são integrados aos sistemas hidráulicos para entregar os seguintes resultados: Partida automática aos motores das bombas principais de incêndio, partida e parada automáticas aos motores da bomba de pressurização (Jockey), partida e parada automáticas aos motores do compressor de ar do tanque de pressão, partida ao sistema elétrico de alarme dos sistemas de hidrantes, mangotinhos e chuveiros automáticos. Observam-se ainda outros dispositivos de alarmes de escoamento de água, destacando-se entre eles: motor hidráulico de alarme, câmara de retardo e alarme elétrico acionado por pressostatos. Há também os dispositivos de monitoramento: manômetro. Outro componente integrante dos chuveiros automáticos, que detêm seu grau de importância no que tange o controle de abastecimento, manutenção da confiabilidade e disponibilidade e a entrega prescrita do projeto no trato dos

parâmetros (vazão e pressão) no ponto mais desfavorável da edificação, visto que todas as canalizações, dispositivos, acessórios e equipamentos das instalações dos chuveiros automáticos devem ser instalados de tal forma que possam garantir que o sistema possa ser drenado após utilizado. Por fim, o filtro de lama é um dispositivo integrado ao sistema de chuveiros automáticos, com o objetivo aplicar um controle de qualidade da água utilizada, que atua retendo os particulados sólidos em suspensão e corpos estranhos que podem estar na água ou ar comprimido e, assim possam comprometer o funcionamento do sistema.

De acordo com BRENTANO, T. (2016) as bombas mais recomendadas para compor o sistema hidráulico de combate a incêndio em uma instalação são as bombas centrífugas puras ou de escoamento radial, devido a confiabilidade, tamanho, fácil manutenção e que podem ser acionadas tanto por motores elétricos bem como por de combustão interna. Os tipos principais de bombas centrífugas são:

- Bombas centrífugas de eixo horizontal: São as mais utilizadas nas instalações de combate a incêndio. Elas são projetadas para operar preferencialmente sob a premissa de sucção positiva (afogada), especialmente quando se têm cenários como. Ativação automática ou manual remota.
- Bombas centrífugas de eixo vertical (turbinas): As bombas de eixo desse tipo de eixo são mais empregadas em casos específicos de limitações operacionais ou espaço para as bombas de eixo horizontal.

Segundo Pitêu, J.T.V. (2011) um dos componentes mais importantes e essenciais para um bom funcionamento dos sistemas de extinção de incêndio é a Central de Bombas e Comando Contra Incêndio (ou Central Supressora de Incêndios- CSI), conforme ilustra a figura 9. Neste ambiente são encontrados os equipamentos destinados a: monitorar a pressão do sistema, conjunto moto-bomba detém o objetivo de garantir a entrega de parâmetros (vazão e pressão) ao sistema, pressostato (sucção negativa) e chave de fluxo (sucção positiva), sistema de

alarme para sinalizar a entrada de operação dos chuveiros automáticos. Segundo a NBR 10.897:2014 as bombas devem ser dos tipos:

- a) Centrífuga horizontal de sucção frontal.
- b) Centrífuga horizontal de carcaça bipartida.
- c) Centrífuga e/ou turbina horizontal.

Em geral, o funcionamento dessas instalações está descrito pelos códigos estaduais contra incêndio e pânico de maneira uniforme. As bombas devem ser diretamente acopladas, por meio de luva elástica a motores elétricos ou a diesel, sem interposição de correias ou correntes. Também, devem possuir dispositivo para partida automática pela queda de pressão hidráulica no sistema de distribuição dos chuveiros automáticos. Ainda, deve ser introduzido um dispositivo que, após a partida do motor, o desligamento só possa ser efetuado por controle manual.



Figura 9: Central de Equipamento de Incêndio.
Fonte: Pitêu, J.V.T. (2011).

Por fim, vale destacar que toda CSI, segundo o regulamento estadual vigente, todo seu circuito elétrico deve possuir alimentação de energia independente.

4.1.1.3.

Chuveiros

Há disponíveis dois tipos de chuveiros automáticos, o tipo aberto ou automático. Os chuveiros abertos são aqueles que não dispõem de componente termossensível ou qualquer outro componente que obstrua o passamento de água, sendo admitidos no sistema de dilúvio. Os chuveiros automáticos (figuras 10, 11 e 12) possuem elementos termossensíveis, denominados de solda eutética e ampola de vidro, projetados para eclodir a uma temperatura pré-determinada, ocasionando à liberação de forma automática e imediata a descarga de água na forma e apropriada e volume planejado. Vale ressaltar que a dinâmica de atuação desse sistema é provocada apenas pela liberação de energia, em forma de calor, que é dissipada pelo fogo e consequentemente conduz a imediata liberação do agente extintor, água.



Figura 10: Tipos de chuveiros automáticos (Pendentes e de pé) Tipo de elementos (Solda e Bulbo Quartzóide). Fonte: kidde.com.br.

Os elementos que integram e conformam os chuveiros automáticos são essencialmente, de acordo com BRENTANO, T. (2016):

- **O corpo:** é a parte dos chuveiros automáticos que contém a rosca para sua fixação na canalização de água, braços e orifício de descarga e contribui ainda como suporte para os demais elementos constituintes;
- **O obturador:** é um pequeno disco metálico que tapa o orifício de descarga de água do chuveiro automático nas condições normais de temperatura do ambiente protegido, e que se mantém comprimido pelo elemento termossensível;

▪ **Elemento termossensível:** é o integrante destinado a liberar o obturador e consequentemente tornar livre a o fluxo de água quando o local do chuveiro automático alcançar o nível de temperatura de seu acionamento. O conteúdo existente dentro do elemento termossensível pode ser encontrado de duas maneiras, a primeira é um fusível de liga metálica espacial e a outra é uma ampola de vidro, que detém no seu interior um líquido especial altamente expansível quando exposto ao calor.

Defletor: é um disco com ranhuras e diversos formatos, este elemento apresentasse preso a estrutura do chuveiro automático e na qual sofre uma certa força na saída do jato sólido depois de liberado pelo obturador, resultando um cone de aspersão sobre a o ambiente protegido pelo chuveiro automático salientado.

Segundo Bentrano, T. (2011), a eficiência do sistema de chuveiros automáticos depende muito do suprimento de água, que deve ser adequando as dimensões e ao tipo de ocupação da edificação a proteger e com a “Confiabilidade” sob os aspectos de parâmetros essenciais como volume, vazão e da pressão mínima requerida nas válvulas de governos e alarme (VGA) e nos *Sprinklers* que estão posicionados de forma desfavoráveis hidraulicamente na instalação. O autor ainda ressalta a importância quanto ao tipo de chuveiros conforme o sistema adotado e que se apresentam de duas maneiras:

- **Abertos:** os chuveiros abertos não possuem obturador e nem elemento termossensível, estando permanentemente abertos ao fluxo de água semelhante a uma torneira aberta. Eles são empregados no sistema de Dilúvio⁴.
- **Fechados ou Automáticos:** São os chuveiros compostos de todos os seus elementos, ou seja, possuem o obturador e o elemento termossensível, responsáveis pela liberação do fluxo de água de maneira automática e individual pela ação do calor do fogo.

⁴ Dilúvio: sistema automático de chuveiros que utiliza chuveiros abertos acoplados a uma tubulação conectada a uma fonte de abastecimento de água por uma válvula de dilúvio. Esta válvula é aberta pela operação de um sistema de detecção instalado na mesma área dos chuveiros. Com a abertura da válvula ocorre a entrada de água na tubulação, sendo descarregada por todos os chuveiros simultaneamente. (NBR 10.897: 2014)

A diferença entre o aberto é que a entrada em operação de cada chuveiro é individual e independente dos demais, fazendo assim que o ataque ao fogo seja apenas no local mais próximo ao chuveiro.

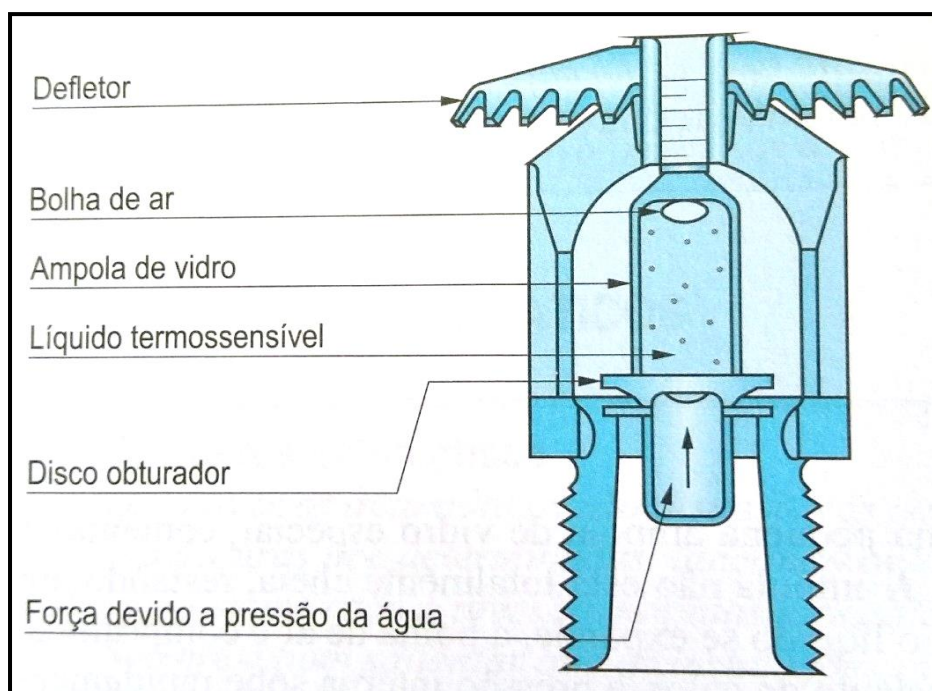


Figura 11: Exemplo de Chuveiro automático em pé com ampola de vidro
Fonte: Brentano, T. (2016).

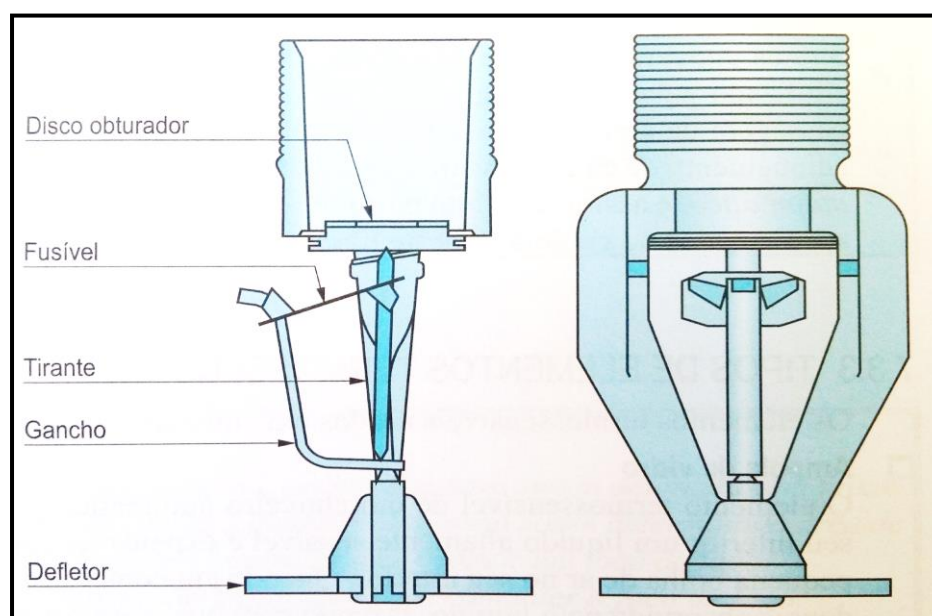


Figura 12: Exemplo de Chuveiro automático pendente com fusível.
Fonte: Brentano, T. (2016).

4.1.1.4.

Rede Hidráulica de distribuição

A rede hidráulica é composta pela VGA (Válvula de Governo e Alarme) e por canalizações localizadas após a VGA, a tubulação (ramais, subgeral, geral, subidas ou descidas e subida principal) com diâmetros apropriados, fazendo com que chegue o agente extintor água até os chuveiros mais desfavoráveis do local protegido com os parâmetros requerida (vazão e pressão) pelas normas. As diversas canalizações de uma rede de distribuição de suprimento de água, conforme figuras 13 e 14, para o sistema de chuveiros automáticos são definidas, segundo BRENTANO, T. (2016) como:

- ***Sub-Ramais (“Branch-lines”)***: Os chuveiros automáticos estão conectados nos sub-ramais que são diretamente supridos pelos ramais. Os sub-ramais podem ter braços ou segmentos horizontais de 60cm (2ft) de comprimento, no máximo, que podem ter nas extremidades interligados chuveiros automáticos.
- ***Ramais ou subgerais (“Cross-mains”)***: São as canalizações que suprem os sub-ramais e estão conectados a linha geral ou tronco.
- ***Geral ou tronco (“Feed main”)***: São canalizações que alimentam os ramais ou subgerais.
- ***Subidas ou descidas***: canalizações verticais, de subidas ou decidas, de acordo com o sentido de fluxo de água, que perfazem as ligações entre a rede de chuveiros automáticos nos diversos níveis ou pavimentos e dos ramais ou sub-ramais ou destes chuveiros automáticos individuais, quando a subida ou descida exceder 30 cm (1ft) de comprimento;
- ***Coluna de Incêndio ou coluna principal (“Riser”)***: Coluna de incêndio é a coluna principal, entre a fonte de alimentação de água e as canalizações gerais ou ramais que abastece todos os chuveiros automáticos da edificação na qual está localizada a válvula de controle e o dispositivo de alarme de escoamento de água, que controla e comanda todo o sistema.

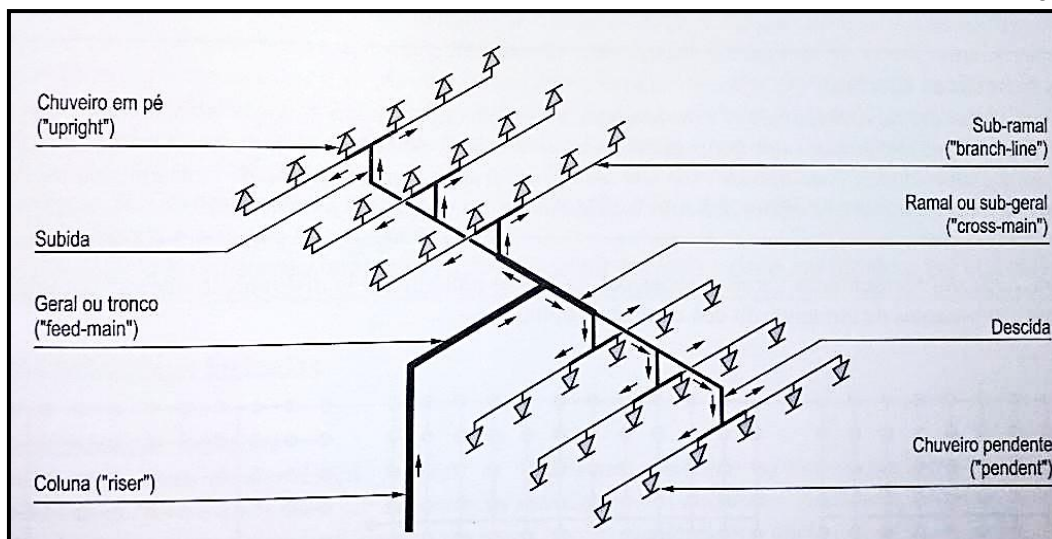


Figura 13: Elementos de redes de chuveiros automáticos. Fonte: Brentano, T. (2016).

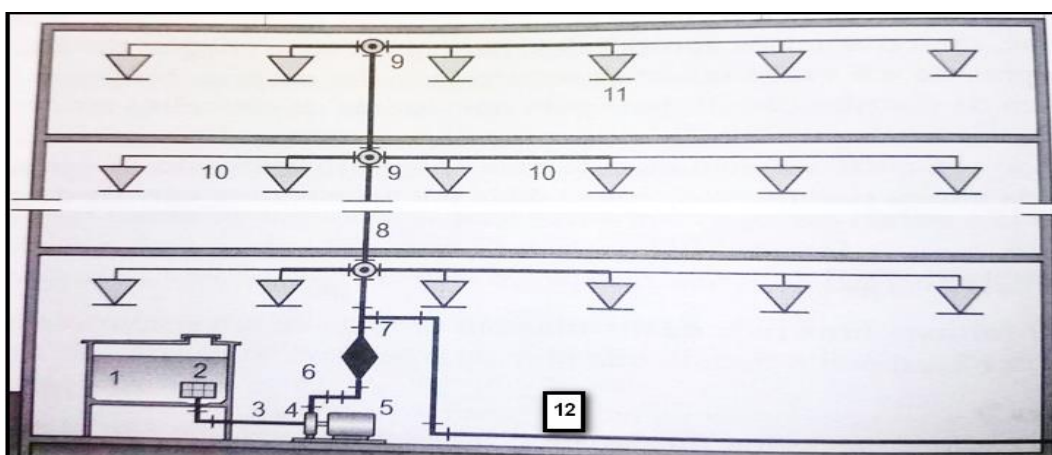


Figura 14: Rede de distribuição de água para o sistema de chuveiros automáticos de edificação de vários pavimentos. Fonte: Brentano, T. (2016) adaptado.

LEGENDA (Figura 14)

1- Reservatório Inferior	2- Crivo	3- Canalização de Sucção	4- Bomba de recalque afogada
5- Motor da bomba	6- Válvula de Governo e Alarme	7- Conexão de hidrante de recalque	8- Coluna de Incêndio
9- Ramal	10- Sub-ramal	11- Chuveiro automático	12- Vem do hidrante de recalque

A VGA é uma válvula de retenção com uma série de orifícios onde são ligados componentes de controle e monitoramento de parâmetros e alarme (válvula de drenagem, manômetros, pressostato, válvula de fluxo e alarme), cuja função essencial é dividir uma rede de chuveiros automáticos em diferentes áreas de proteção. Sua instalação é avaliada segundo o risco da edificação e a área ocupada pelos chuveiros automáticos (SEITO et al, 2008).

Necessário destacar que a tubulação é parte integrante da rede hidráulica, e que é formada por um conjunto de tubos, conexões, acessórios e outros materiais

que têm a finalidade em conduzir a água, desde do reservatório de incêndio até os chuveiros automáticos. As formas de ligação entre tubos, conexões e acessórios variados deve garantir a estanqueidade e a integridade mecânica da junta, e não deve sofrer perda da sua confiabilidade quando for exposto ao calor do incêndio.

As plantas no que se refere ao projeto devem apresentar o diâmetro, a localização e a disposição da tubulação, além disso para o quesito de inspeções que garantem a qualidade do projeto, as tubulações e conexões devem ser inspecionadas anualmente. Devem estar em boas condições e livres de danos, vazamentos, corrosão e desalinhamento. A tubulação dos chuveiros automáticos não pode estar sujeita a sobrecargas externas causadas por materiais apoiados ou pendurados nos tubos conforme recomendação da NBR 10.987(2014).

Devido essas circunstâncias nos critérios de projetos devem ser considerados alguns fatores intervenientes de relevância que podem afetar de forma crucial a celeridade da entrada em operação do sistema de chuveiro automático (*Sprinklers*), a serem conhecidos como: O Ambiente - Considerações sobre a altura do pé-direito, distanciamento entre chuveiro e o teto, a ventilação natural ou forçada, os obstáculos no teto, bem como vigas ou nervuras, que dificultam os gases quente subir, fontes de iluminação, dificultam o acesso do calor proveniente do foco do incêndio ao elemento termossensível dos chuveiros automáticos e etc. Os elementos físicos do mecanismo de acionamento dos como: A forma, as dimensões e a massa do bulbo quartzóide, a relação entre temperatura diferencial do ar envolvente e a temperatura de operação do chuveiro, além disso a velocidade com que os gases abrasado do fogo percolam pelo elemento acionador do chuveiro podem retardar o acionamento do seu elemento termossensível, (J.T.V. Pitéu, 2011).

4.2.

Tecnologia de Água Nebulizada (Water Mist)

4.2.1

Histórico e conceituação da tecnologia

Considerado por alguns como ainda estar no estágio do ciclo de vida, denominado de “infância”, em comparação com as mais formas tradicionais de sistemas automáticos hidráulicos de extinção de incêndio, a tecnologia de Água Nebulizada não é nova (BAFSA (2012)).

Grinnell fez a primeira utilização de sucesso em seu "uso inteligente da água" sob a forma de pequenas gotas de água em seu bico “pote de pimenta” nos meados de 1890. Tais sistemas provou ser um método rápido e eficiente de extinção de incêndios por resfriamento rápido e deslocação do oxigênio. Nos anos de 1940 os EUA iniciaram a utilização dessa tecnologia, em fase de desenvolvimento, com uso para fins específicos (navios de passageiros) atuando como uma alternativa secundária do sistema de chuveiros automáticos. No entanto o *Water Mist* ganhou força, para sua aplicação em diversos tipos projetos na década de 90, depois do surgimento do PROTOCOLO DE MONTREAL (1993), que estabeleceu regras e o compartilhamento de novas tecnologias que não fossem nocivas a camada de ozônio, restringindo assim o comércio de agentes gasosos, como Halon, (CLAPP; DAUVERGNE, 2005).

De acordo com a NFPA 750 (2015) a tecnologia de água nebulizada (*Water Mist*) é definida como uma aspersão de água para o qual 99% do volume total de água descarregada em gotículas com um diâmetro inferior a 1000 micras, à pressão mínima de funcionamento nominal do bico de Água Nebulizada. Essa definição usada implica na distinção entre sistemas automáticos hidráulicos (*Sprinklers*) e a tecnologia de Água Nebulizada (*Water Mist*), devido aos tamanhos produzidos pelas gotas de água.

A tecnologia *Water Mist* de proteção contra incêndios riscos industriais e comerciais compreendem bicos montados em tubulações especialmente concebido, que podem ser projetados também para edifícios comerciais e/ou área industrial, e que este estão conectados através de válvulas de controle de um abastecimento de água dedicado BSI 8489 (2011).

O propulsor essencial para consolidar a tecnologia *Water Mist* é a sua capacidade de produzir pequenas gotículas de água para suprimir ou controlar o fogo de forma extremamente eficiente. Na observância de proporcionar uma uniformização, desenvolvimento de projetos na concepção, instalação,

comissionamento e manutenção de tecnologias de névoa de água fixos há organizações que já publicaram suas normas e padrões internacionais que especificam sobre a tecnologia água nebulizada quais sejam:

✓ **Padrões Britânico-*British Standards***

DD 8458-1: 2010. *Fixed fire protection systems. Residential and domestic watermist systems. Code of practice for design and installation.*

DD 8489-1: 2011. *Fixed fire protection systems. Industrial and commercial watermist systems. Code of practice for design and installation.*

✓ **Padrão Europeu-*European Standard***

CEN/TS 14972: 2011. *Fixed firefighting systems. Watermist systems. Design and installation.*

✓ **Padrões Americano-*American Standards***

FM5560: 2009. *American National Standard for Water Mist Systems. (This American National Standard is to be revised and republished in December 2012.)*

FM5580. *Approval Standard for Hybrid (Water and Inert Gas) Fire Extinguishing Systems, 2009.*

NFPA 750: 2015. *Standard on Water Mist Fire Protection Systems.*

As orientações técnicas acima facilitam o acesso a toda parte interessada ligadas a projetos, visto que estas regulamentações apresentam a orientações técnicas para instalação, manutenção, operação e inspeção, além dos benefícios e eficiência na conformação da tecnologia como uma alternativa no combate e extinção de incêndios.

4.2.2.

Mecanismos de extinção

A tecnologia de Água Nebulizada (*Water Mist*) é um sistema fixo automático de proteção contra incêndios que usa água para *controlar, suprimir ou extinguir* o incêndio. No caso da extinção seria a supressão total de um incêndio até que não haja combustíveis de queima, a supressão trabalha no tocante a redução acentuada da taxa de libertação de calor de um incêndio e a prevenção de ressurgimento do fogo e por fim o controle opera no sentido de limitação do tamanho de um incêndio por distribuição de água, de modo a diminuir a taxa de liberação de calor e antecipadamente pré-molhando os materiais combustíveis adjacentes, enquanto controla as temperaturas dos gases em paredes e tetos para evitar danos estruturais NFPA 750 (2015).

A tecnologia é composta por bicos aspersores engajados a uma rede de tubulação contendo água e sendo alimentado por uma fonte de abastecimento água. Quando em operação, o sistema descarrega o volume de água contido na rede tubular em forma de cone spray contendo pequenas gotas de água que enche a zona protegida com névoa de água. Um sistema eficiente de *Water Mist* deve gerar, distribuir e manter uma concentração de pequenas gotas suficientes para a proteção do risco de incêndio durante um tempo suficiente para cumprir o objetivo da proteção, de acordo com BRE (2006). Este tipo de mecanismo de extinção, juntamente com um arrefecimento global e purificação dos efeitos aéreos, faz com que a tecnologia *Water Mist* seja eficiente quando projetado corretamente. Ao contrário da maioria, as névoas agentes de inundação de água funciona em áreas onde uma porta ou respiradouro foi deixado aberto e não representam um risco à saúde dos ocupantes ou os bombeiros, além de ser um agente ambientalmente seguro, FM Approvals (2010).

Segundo COSTA NETO (2008), em função de suas peculiaridades a água possui elementos físicos favoráveis para extinção de incêndio, visto que sua grande capacidade calorífica e elevado calor latente de vaporização podem absorver de forma expressiva a quantidade de calor de chama combustível. Além disso a água, detém a capacidade na ampliação de volume em 1700 vezes quando evapora, (BAFSA (2012)), culminando na redução do oxigênio e vapores combustíveis em volta da chama e dos combustíveis. Com a geração de gotículas, a eficiência da água aumenta na extinção de incêndio devido ao aumento relevante

da extensão de superfície de água, que está disponível para absorção de calor e evaporação.

Embora a tecnologia *Water Mist* tenha sido difundida e fundamentada pela “bandeira” como o melhor alternativa dos agentes gasoso de extinção, Halon, no âmbito da eficiência e por não ser toxico, vale destacar tecnologia de Água Nebulizada que a não reage como agentes de extinção gasosos.

Conforme mencionado acima sobre a dinâmica do processo de extinção do *Water Mist* e ainda de acordo com COSTA NETO (2008) os mecanismos de extinção de água nebulizada, conforme figura 15, classificam-se em mecanismos primários e mecanismos secundários no qual apresentam-se da seguinte maneira:

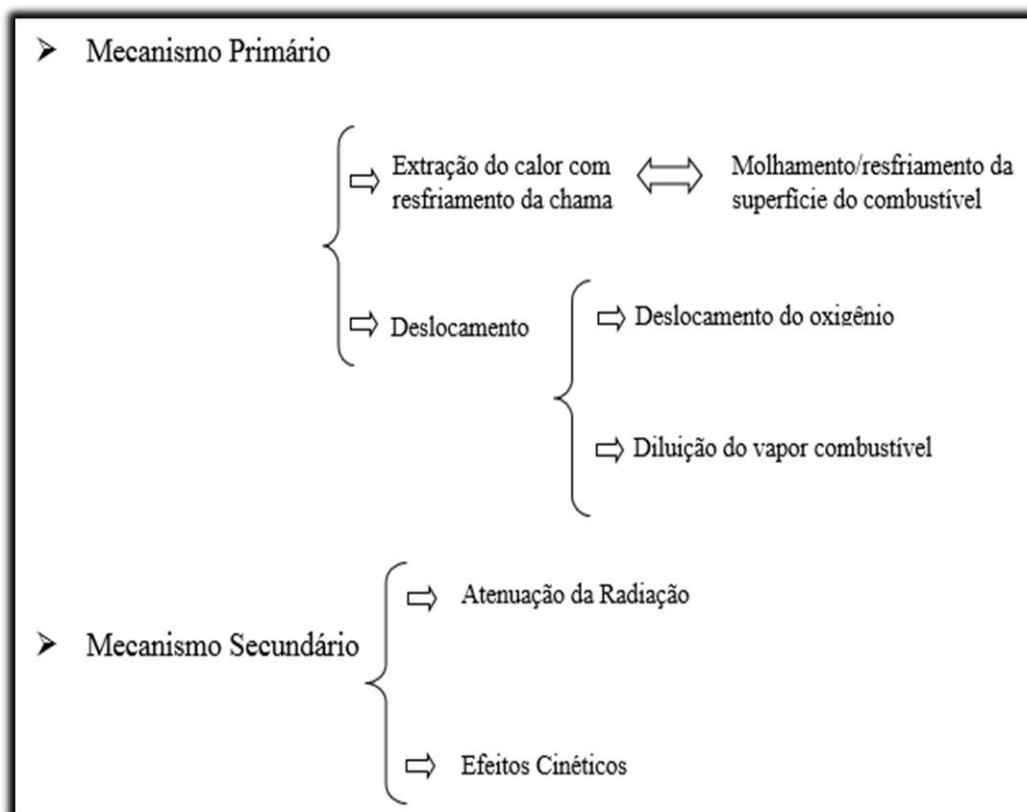


Figura 15: Mecanismos de extinção. Fonte: Costa Neto (2008) Adaptado.

4.2.3.

Princípios de proteção e emprego da tecnologia

É importante atentar aos compartimentos de aberturas de ar, janelas entre outros deste tipo devem ser fechados automaticamente antes do sistema de água

nebulizada entrar em operação, visto que quando estes elementos construtivos dispõem de acesso livre de passagem de ar podem perturbar a eficiência da água nebulizada na área a ser protegida e os seus respectivos limites especificados pelos fabricantes BSI 8489 (2011), visto que o confinamento do ambiente protegido é essencial para eficiência concebida a tecnologia, em questão, no que tange aos princípios de extinção, supressão e controle de incêndio, além de afetar no volume requerido no combate ao fogo COSTA NETO (2008).

Segundo a NFPA 750 (2015) o projeto como um todo da tecnologia de Água Nebulizada (*Water Mist*) apresenta aplicações específicas, incluindo perigos, podem ser projetados na lista a seguir:

- Os espaços de máquinas;
- Turbinas de combustão;
- Bancos molhados e de outro equipamento semelhante;
- Aplicação local;
- Óleo de fogões industrial;
- Sala de computador de andares elevado;
- Exaustores Químicos;
- Prensas de tabuleiro de madeira contínua.

A tecnologia *Water Mist* tem sido desenvolvida para aplicações diversas, seja na supressão ou extinção de incêndios que envolvam combustíveis das classes A, B, C e K (BAFSA et al.; 2012).

Segundo Marioff, (2014) nota-se que a amplitude, descrita acima, de combate a toda classe de incêndio ratifica o padrão apropriado de proteção contra incêndio ofertada pela tecnologia *Water Mist*, tornando-a eficaz e eficiente na proteção de edifícios sem adicionar algum tipo de risco para os seus ocupantes, corroborando assim que o presente sistema possui elementos preconizados na Europa em projetos de construção verde e sustentável, sendo já instalados e utilizados nos seguintes tipos de construções:

- Artes: Academia de Artes em Berlin (Alemanha).
- Banco: Banco NATIXIS na França.

- Hospitais: Landsberg em Lech (Alemanha), Credit Valley em Mississauga (Canadá), Ernst von Bergmann em Berlin (Alemanha), Hospital de Motala em Motala (Suécia), Hospital Central em Pori (Finlândia).
- Hotéis: Citzen M London Bankside Hotel em Londres (Reino Unido), Fletcher A2 Hotel em Amsterdan (Holanda), Hotel Gabrielli em Veneza (Itália), Marriot Park Hotel em Roma (Itália), Renaissance Paris Le Parc Trocadéro na França.
- Bibliotecas: Duchess Anna Amalia em Weimar (Alemanha) e Biblioteca Nacional da República Checa.
- Teatros: Celle Castle (Alemanha) e Bristol Old Vic em Bristol (Reino Unido).
- Prédios residenciais: Het Groene Hart Lunteren na Holanda e Kivistö Wooden na Finlândia.
- Data Center: Telecity IV Data Center em Amsterdan (Holanda) e KIO Networks data Center em Murcia (Espanha).
- Universidade: Universidade de Worms de ciências aplicadas em Worms (Alemanha).

A tecnologia de Água Nebulizada (Water Mist) já está consolidada através de diversos projetos instalados em edificações ao redor do mundo, este fato ocorre principalmente pelas publicações de padrões de projeto por órgãos mundialmente reconhecidos, protocolo de testes e inovação sustentável dos projetistas de sistemas de combate a incêndio. Nesse contexto, importante registrar que a aplicação da tecnologia de Água Nebulizada (*Water Mist*) ganha destaque nos edifícios históricos que abrigam arquivos, bibliotecas e museus, porque nestes ambientes geralmente contêm grandes quantidades de documentos de valor e bens, assim a utilização da tecnologia (*Water Mist*) emprega uma pequena quantidade de água.

O *Water Mist* quando utilizados em ambientes tais como: bibliotecas, museus, exposição de arte, edifícios históricos que alojam arquivos, que podem ser projetados como inundação total ou sistemas ativados seletivamente com os requisitos de armazenamento de água mínima, sendo este último aspecto um importante benefício do *Water Mist* sobre o *Sprinkler*. A facilidade das gotas

alcançarem espaços escondidos e de difícil acesso como prateleiras, faz com que a tecnologia de Água Nebulizada (*Water Mist*) seja uma solução adequada e aplicável a estes tipos de edificações devido ao resultado de extremo dano provocado pela descarga d'água durante sua operação e, que facilmente podem ser superados pelos danos provocados pela volume de água aspergido na operação do sistema de chuveiros automáticos (Sprinklers), além segundo MRAZEK M.; JIŘÍ, Z.; MARTIN, C(2009).

Desta forma, com toda dimensão e potencial apresentado acima pela tecnologia de Água Nebulizada (*Water Mist*) tanto na extinção, supressão e controle de incêndios possibilita a incorporação desta aludida tecnologia em projetos construtivos bem como em projetos privados como unidades prediais sustentáveis.

4.2.4.

Métodos de geração de névoas segundo a pressão do sistema

Segundo BAFSA (2012), a tecnologia classifica-se em função da pressão utilizada e a capacidade de atomização do bico aspersor, através do seu orifício potencializado pelo seu fator de descarga (k), filtros e crivos quando a água a uma pressão de operação é descarregada através do bico aspersor. As pressões são classificadas da seguinte forma:

- **Baixa pressão**

Quando o funcionamento do sistema é projetado para operar até 12.1 bar (175psi). Estes sistemas foram projetados para reter toda a performance comprovada e confiabilidade dos sistemas tradicionais à base de água, além de capturar a eficiência da pequena gota de água. Como resultado da utilização deste parâmetro na menor escala obtém-se a redução diâmetros de tubos, facilidade de instalação, menos peso do sistema e mínima de descarga de água. No emprego de pressão de operação de baixa também proporciona a opção de utilização de tubulação de cobre ou de aço-carbono, como alternativas ao aço inoxidável.

A concepção dos bocais fornece tamanhos reduzidos de gotas de 0,10 mm de diâmetro, a uma pressão de menos do que 12.1bar para fornecer um fluxo típico de apenas 12 litros (2,6 galões) por minuto a partir de cada bico.

- **Média Pressão**

Quando o funcionamento do sistema é projetado para operar entre 12.1bar (175psi) e menor do 34.5 (500psi) bar. Estes sistemas foram utilizados principalmente para aplicações locais de boa adequação ao sistema e de baixo custo, sendo esta uma alternativa aos sistemas de alta pressão mais eficientes. Com uma pressão mínima de 35 bar foram usados principalmente para a proteção dos conjuntos de motores diesel de geradores, as frentes das caldeiras e separadores de óleo etc.

- **Alta Pressão**

Quando o funcionamento do sistema é projetado para operar a 34.5bar (500psi) ou maior. Nesse cenário de pressão utilizada o sistema de água nebulizada entrega resultados como: menor consumo de água, cobertura superior do volume protegido, menor peso total do sistema, melhor penetração no centro do incêndio e alta taxa de evaporação, segundo MARIOFF (2014).

Ainda segundo a definição da NFPA 750 (2015) os projetistas devem estar atentos aos requisitos de projetos, que devem estar listados ou como parte de um sistema de pré-engenharia que trata a pressurização da tecnologia, sejam:

- *Operação de pressão do bico aspersor.* A faixa de pressão na qual os bicos estão listados para controlar, suprimir ou extinguir um incêndio.
- *Pressão no estado de prontidão.* A pressão que existe no sistema de distribuição no estado estático, antes da descarga do bico aspersor.
- *Pressão de projeto do sistema.* A pressão máxima de um sistema ou componente classificado para suportar tal pressão.

- *Pressão de trabalho.* A pressão máxima prevista aplicado aos componentes do sistema exclusivo de sobre tensão de pressões.

Conforme as operações de pressão pré-determinada o sistema tem a sua faixa de funcionamento e os tamanhos das gotas também variam, e que segundo COSTA NETO (2008) podem ser classificadas como:

- Classe 1: $\varnothing \leq 200\mu\text{m}$;
- Classe 2: $200 < \varnothing < 400 \mu\text{m}$;
- Classe 3: $400 < \varnothing < 1000 \mu\text{m}$;

4.2.5.

Elementos e conformação da tecnologia *Water Mist*

Os elementos que compõem os sistemas de água nebulizada (*Water Mist*) estão descritos a seguir:

a) **Bicos Aspersores:** Componente muito importante, principalmente no momento em que os técnicos especialistas da área de incêndios forem projetar o sistema e realizarem a avaliação de riscos detalhada dos riscos existentes, pois são deles a função de descarregar a névoa e o volume d'água em ângulos previamente definidos.

São estruturas fabricadas em aço inoxidável ou bronze com orifícios de descarga e que produzem gotículas do fluido existente na rede do sistema. O tamanho das pequenas gotas dependerá do diâmetro dos orifícios conhecido como coeficiente de descarga (k), da pressão de operação e da velocidade do jato (COSTA; MAINIER, 2012). De acordo com cada projeto, os bicos aspersores poder ser dotados ou não de elementos termossensíveis, conforme figuras 16 e 17:



Figura 16: Bico Aspersor sem elemento termossensível e uso restrito de um fluido. Fonte: Costa Neto (2008).



Figura 17: Bico Aspersor com elemento termossensível - Ampola de Quartzo. Fonte: Costa Neto (2008).

Os bicos aspersores são classificados pela NFPA 750(2015) como:

- *Bicos aspersores automáticos*: É o dispositivo projetado para operar independentemente de outros bicos aspersores por meio de detecção /dispositivo de ativação embutida nos bicos (elementos termossensíveis).
- *Bicos aspersores multifuncionais*: Bicos capazes de operar se utilizando de meios automáticos ou não.
- *Bicos aspersores não automáticos (Abertos)*: Os bicos que funcionam como um sistema inteiro ou grupo de bicos aspersores, contendo orifícios abertos e que ativam o fluxo de água para os bicos por um sistema de

detecção independente. Semelhantemente ao sistema de dilúvio, um tipo de chuveiro aberto e que opera da mesma forma dos bicos deste item.

Os bicos aspersores de uso restrito para um fluido apresentam-se em canais de pequenos diâmetros e câmaras. Quando é descarregado um jato de água em alta velocidade incide o orifício de um bico aspersor, no interior do bico, ele torna-se pulverizado e oscilante, culminando em fragmentos de gotas de água (SPE, 2003).

Para uma gama de bicos aspersores, o diâmetro do canal varia de 0,2 mm a 3 mm. Um bico aspersor pode ter diversas aberturas, todavia as faixas de pressão funcional podem ser de: baixa, média e alta. A taxa de fluidez da tecnologia está entre 1 *l/min* para um bico que possui uma única saída ou 45 *l/min*, quando houver mais de uma saída, segundo COSTA NETO (2008).

b) Tubulação e acessórios: O tipo de material utilizado para tubulações e acessórios pela tecnologia *Water Mist* é baseado de acordo com a natureza carga de incêndio/material combustível e a pressão da água necessária para proteger o risco avaliado do projeto.

Em geral, tem como função facilitar e encaminhar o agente extintor do sistema de abastecimento de água para área protegida. Devem ser instalados de acordo com as indicações do fabricante APSEI (2009). Os materiais devem ser de aço inoxidável ou de material que ofereça idêntica proteção contra a corrosão, devendo ser instalados de modo a evitar que sejam danificados por ações externas. O material da tubulação é de aço inoxidável, atendendo o padrão internacional AISI (American Iron and Steel Institute) 3116, este material é altamente maleável e de peso reduzido quando comparável ao ferro fundido.

c) Fluidos utilizados pela tecnologia

Segundo a NFPA 750 (2015), a tecnologia *Water Mist*, através das tubulações, utiliza-se de dois métodos de abastecimento do sistema, usando um fornecimento de fluido simples ou duplo.

Sistema com um fluido: Há cinco tipos de arranjos que podem ser instalados no projeto de *Water Mist*. Na opção de operar a *tecnologia com um tanque de água*, é quando o sistema é formado por um cilindro com gás, variados acessórios e um tanque de água, conforme figuras 18 e 19. Uma outra opção usando um fluido, é operar o *sistema utilizando de cilindros de água*, que é formado de um cilindro de gás, variados acessórios e cilindros de água, conforme figuras 20 e 21:

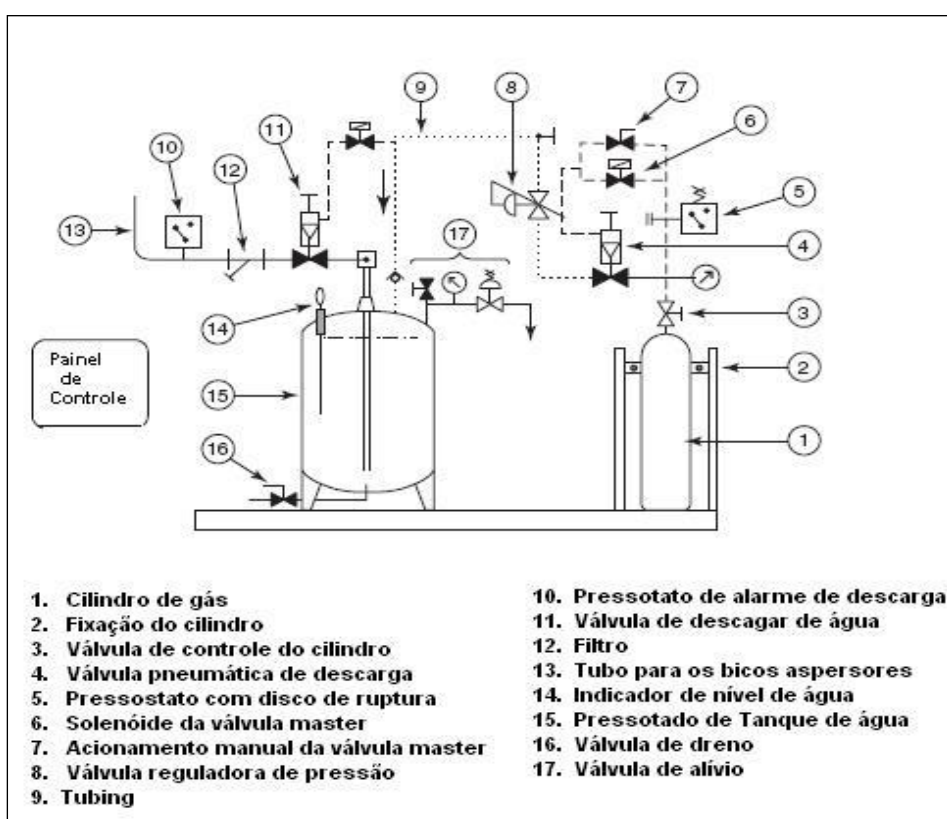


Figura 18: Representação esquemática da tecnologia *Water Mist* utilizando um fluido.
 Fonte: NFPA 750:2015 adaptado.



Figura 19: Tanque de cilindro de nitrogênio.
Fonte: Costa Neto (2008).

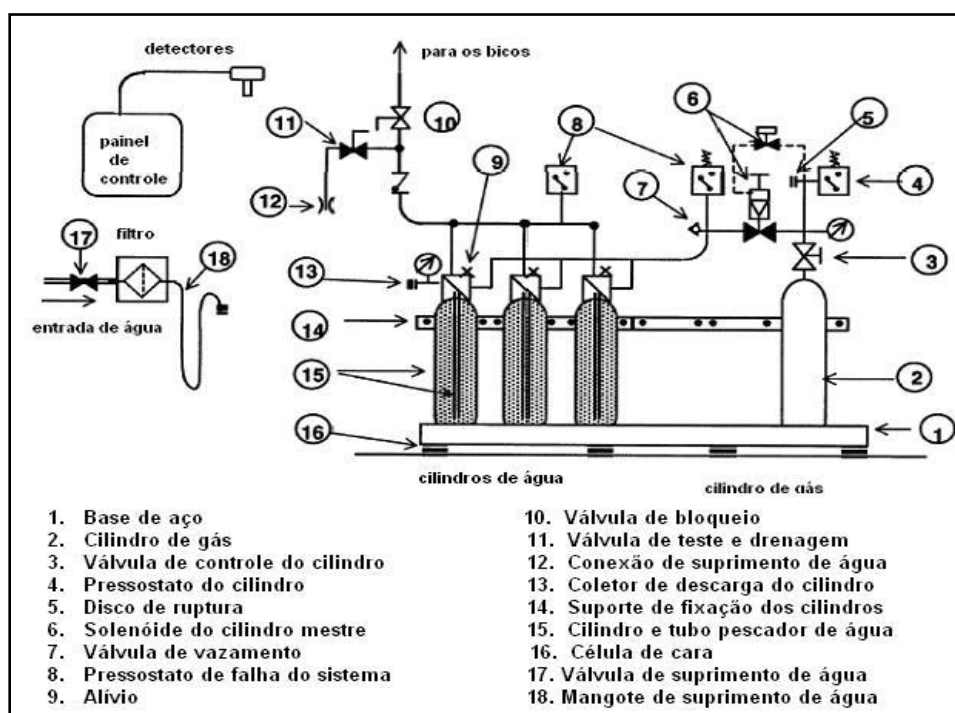


Figura 20: Esquemático utilizando gás à alta pressão integrado aos cilindros de água.
Fonte: NFPA 750 (2015).



Figura 21: Cilindro de nitrogênio e cilindro de água. Fonte: Marioff.

Existe outro tipo de sistema com um fluido utilizando cilindros reserva de água, que é similar ao do sistema de um fluido que opera com cilindros com água, todavia, há composição de um cilindro piloto (1), que além de atuar no funcionamento das válvulas dos cilindros escravos do seu grupo, funciona de mesmo modo nas válvulas escravas do grupo reserva (4), conforme apresenta a figura 22.

Há possibilidade de projetar o *Sistema com um Fluido Utilizando Bomba Pneumática* é formado por um reservatório com água, bomba pneumática com válvula reguladora e cilindro com ar comprimido, bomba principal (elétrica ou diesel), painel de controle, válvula de descarga, válvula de controle de fluxo, linha de retorno, filtro do suprimento de água, painel de controle e painel de acionamento da bomba, conforme apresenta figura 23.

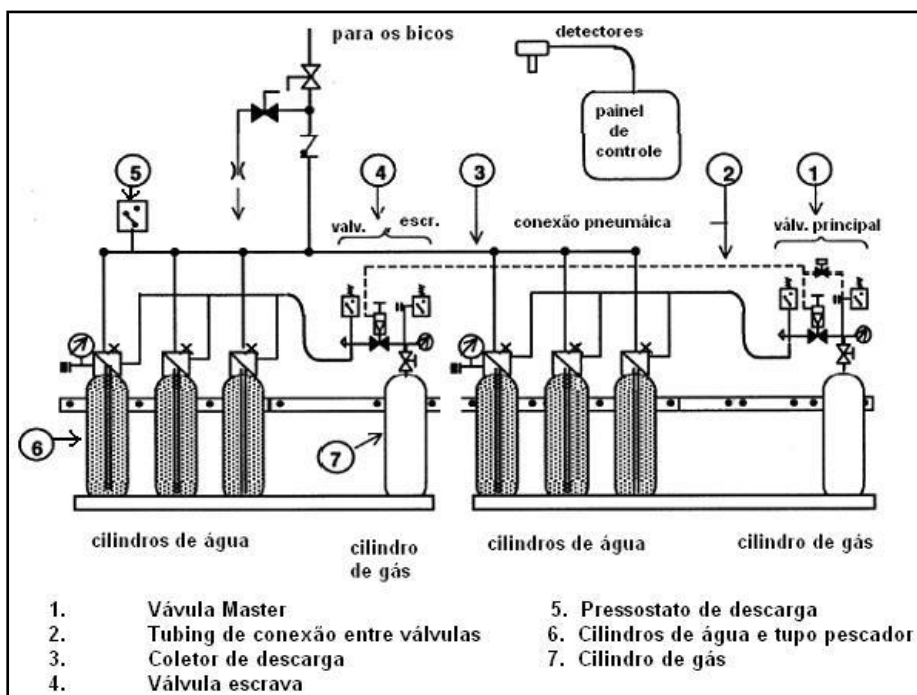


Figura 22: Esquemático com um único fluido utilizando gás como propelente.
Fonte: NFPA 750 (2015) modificada.

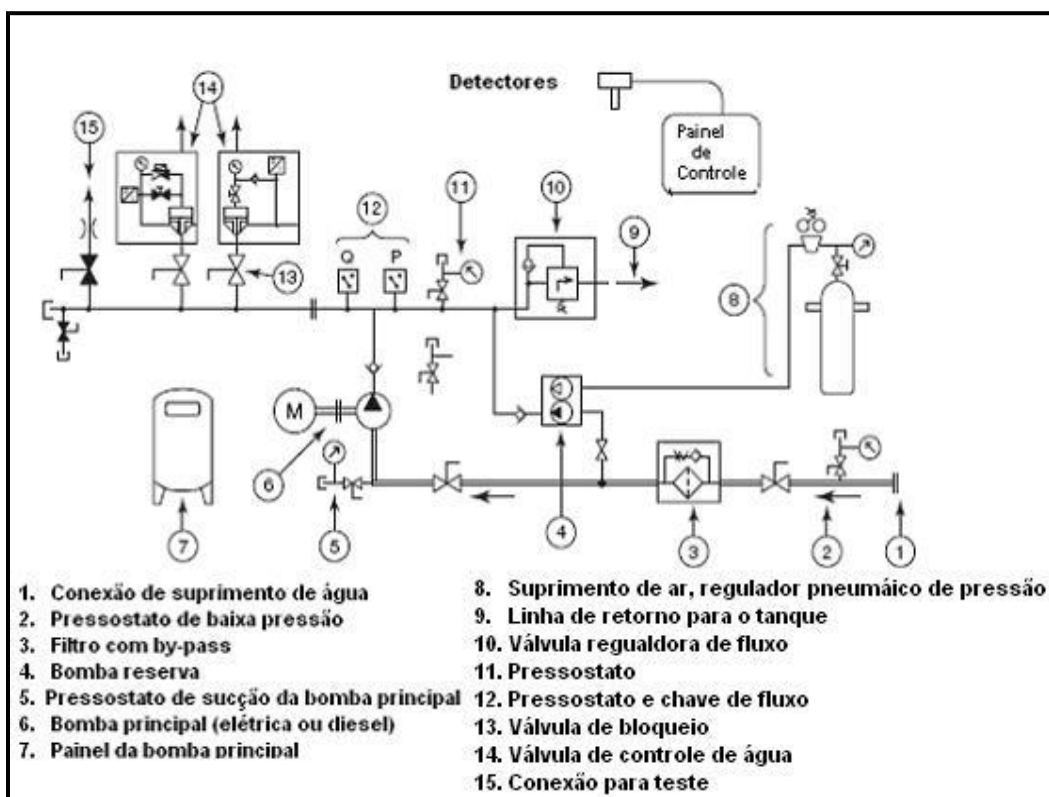


Figura 23: Esquemático com um único fluido.
Fonte: NFPA 750 (2015) modificada.

Por fim, há o *Sistema de um Fluido utilizando Bomba Pneumática com cilindros Reservas de água*, no que tange sobre arranjos de sistemas de fluido simples. O sistema é composto por um reservatório de água, filtro, bomba pneumática (GPU), conjunto de cilindros principais e reserva de gás (ar ou nitrogênio), bomba pneumática reserva e cilindro piloto, conforme figura 24.

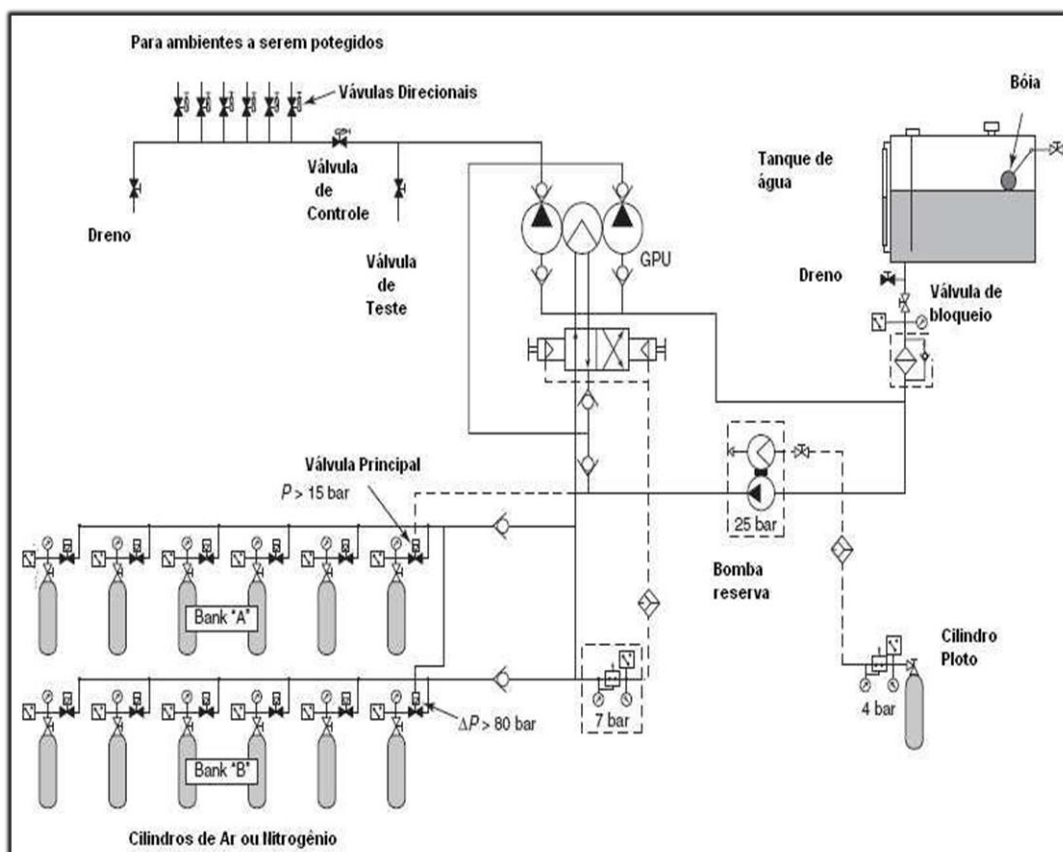


Figura 24: Representação esquemática com um único fluido com suprimento principal e reserva.
Fonte: NFPA 750 (2015).

d) Mecanismos de ativação e controle: Os elementos de detecção e ativação pode ser mecânico, hidráulico, pneumático ou elétrico. Outro componente importante para eficiência da tecnologia são os filtros que devem ser instalados a jusante do RTI, com o objetivo de obstruir a passagem de partículas em suspensão para o interior do tanque, pois desta forma é fundamental ter uma fonte de alimentação d'água de qualidade similar à água potável para garantir que não haja entupimento dos bicos aspersores e assim a plena operação e eficiência ofertada pela tecnologia NFPA 750 (2015).

4.2.5.1.

Comparação em relação a outros sistemas automáticos

Em geral, há sistemas já estabelecidos no segmento de extinção automática de incêndio, como por exemplo, sistemas de sprinklers automáticos, spray de água e sistemas de extinção por gás fixos. Estas formas de proteção de áreas contra incêndios são amplamente conhecimento público, tecnicamente consolidadas e com seus respectivos registros históricos de desempenho.

Nota-se por exemplo, que o dióxido de carbono (CO₂) é projetado normalmente para descarregar somente depois de que a evacuação de pessoas tiver sido realizada. O tempo perdido durante a evacuação do pessoal poderia produzir outros danos causados pelo progresso do incêndio em compartimentos internos. O atraso de descarga, em caso de evacuação retardada é uma premissa adota devido à busca de possíveis pessoas feridas, crescimento altamente danoso do fogo para as coisas e pessoal alocados no ambiente protegido. A falta de isolamento adequado do espaço protegido inibe o correto funcionamento do sistema de inundação total da tecnologia de água nebulizada (*Water Mist*). A tabela 4 compara a tecnologia *Water Mist* com outros sistemas de combate a incêndio automáticos.

Quando comparado o sistema que utiliza gás carbônico CO₂ com a tecnologia *Water Mist*, observa-se a primeira vantagem deste último para o quesito segurança dos ocupantes da área em proteção. Como o agente extintor CO₂ é asfixiante requer abandono total dos habitantes da área protegida além deste agente postular estanqueidade plena da área em proteção. (COSTA NETO; MAINIER, 2012).

Na tabela 5, estão retratadas as principais diferenças entre o sistema *Sprinklers* X Tecnologia *Water Mist*.

Tabela 4: Tabela comparativa entre *Water Mist* e outros Sistemas.

CARACTERÍSTICAS	Sprinkler	Halon	CO₂	Water Mist
Atóxico	SIM	NÃO	NÃO	SIM
Extinção de incêndios de Classe A & B	NÃO	SIM	SIM	SIM
Seguro para o meio ambiente	SIM	NÃO	NÃO	SIM
Requer bomba de incêndio ¹	SIM	NÃO	NÃO	SIM
Leve peso	NÃO	SIM	NÃO	SIM
Acessível para manutenção	SIM	SIM	SIM	SIM
Alta absorção de calor	SIM	NÃO	NÃO	SIM
Bom custo-benefício	NÃO	NÃO	NÃO	SIM
Tempo de atividade contínua	N/A	NÃO	NÃO	SIM
Requisitos do plano de evacuação ²	NÃO	SIM	SIM	SIM
Baixo custo de manutenção e recarga	N/A	NÃO	NÃO	NÃO
<p>1- Dependendo do tamanho e desenho do sistema instalado - geralmente pequenos caixas / armários etc não necessitam de bomba de incêndio auxiliar.</p> <p>2- <i>Water Mist</i> não produz quaisquer gases tóxicos ou subprodutos, no entanto a evacuação é um requisito procedimental de segurança em caso de um incêndio devido a liberação de gases tóxicos como resultado da combustão.</p>				

Fonte: Tomco Fogex (2008) adaptado.

Tabela 5: Principais diferenças entre o *Sprinklers* e o *Water Mist*.

SPRINKLERS	WATER MIST
DEMANDA DE ÁGUA	
RTI grande	RTI pequeno
INSTALAÇÕES/EQUIPAMENTOS/ACESSÓRIOS/CARACTERÍSTICAS	
Volume enorme de tubulações	Volume muito pequeno de tubulações
Enormes bombas de incêndio	Compactas bombas de incêndios
Ação retardada de acionamento	Rápida ativação do sistema
Pressão máxima do sistema: 1200 kPa	Pressão do sistema: 689 kPa a 27586 kPa
Expectativa muito alta de drenagem do sistema	Sem expectativa ou pouquíssima drenagem do sistema

Fonte: Tomar, M.S. (2016) adaptado.

Como escopo da pesquisa é a comparação da tecnologia Água Nebulizada (*Water Mist*) com o sistema de chuveiros automáticos, nota-se que o *Sprinkler* tem uma descarga de volume de água muito maior que o *Water Mist*, isso demonstra que para tais riscos das áreas protegidas pelos chuveiros automáticos essa quantidade de volume de água pode causar danos ao conteúdo patrimônio e equipamentos alocados nesta área, não se furtando a memória das grandes áreas

reservadas para os reservatórios de água (RTI) para este tipo de sistema convencional (MRAZEK M.; JIŘÍ Z.; MARTIN C(2010)).

Segundo BAFSA (2012), a média da área total da superfície do borrafo das gotículas d'água pela tecnologia *Water Mist* típico de alta pressão é pelo menos 100 vezes maior do que as gotas de aspersão dos chuveiros automáticos, para o mesmo volume de água.

O sistema convencional de chuveiros automáticos *Sprinklers* remove o elemento calor do triângulo do fogo enquanto a tecnologia de Água Nebulizada (*Water Mist*) remove ambos os elementos, calor e oxigênio do triângulo. Este último alcança essa eficiência através da descarga de água, em forma de névoa, através de bicos aspersores especialmente que são projetados para operar em três níveis de pressão. Geralmente, à medida que aumenta a pressão do sistema, o tamanho das gotas de água diminui, consequentemente o reservatório e volume de água a ser usado pelo *Water Mist* é muito menor do que *Sprinkler*. Este, por sua vez, aumenta significativamente a área de superfície total da unidade e assim leva à produção de um maior volume de vapor de água, a remoção de mais energia do fogo que gera o vapor (BAFSA (2012)). Quanto menor for o tamanho de gota de água e quanto maior venha ser a área superficial o sistema de água nebulizada torna se mais eficiente na rápida redução da temperatura e oxigênio no combate e extinção da chama do incêndio. Isso ocorre porque a capacidade de absorção de calor de *Water Mist* é maior do que qualquer outro sistema de supressão à base de água. Para ser compreendido, ocorre que quando a água é convertida em vapor - que é o que acontece com as gotas de água nebulizada- então muita energia é usada, energia que é retirada do fogo que tem ocasionado a descarga *Water Mist*, isto reduz a resistência do fogo, segundo COSTA NETO (2008).

Análises sobre eficiência de supressão das gotículas de água borrifada pelo *Water Mist* demonstram que as concentrações do volume líquido de água da ordem de $0,1 \text{ l/m}^2$ de espaço protegido são suficientes para extinguir incêndios. Com este resultado denota o potencial em eficiência na ordem de duas vezes mais em relação as taxas de aplicação utilizadas pelos *Sprinklers* UNEP (2010).

Segundo o BRE (2006) o *Water Mist* possui razões possíveis para ser considerados, que incluem:

- Benefício de segurança de vida adicional para as atuais disposições de regulamentos internacionais de construção
- Recurso compensatório de segurança de vida para atender às atuais disposições de regulamentos internacionais de construção;
- Propriedade / proteção de ativos;
- Alternativa para um sistema de chuveiros automáticos (proteção as vidas, ao patrimônio e proteção dos ativos).

4.2.5.2.

Comparação de custos entre *Sprinklers* X *Water Mist*

O objetivo deste tópico é apresentar o custo atual dos sistemas de combate a incêndio em uma moeda consolidada, em face de um mercado cada vez mais competitivo e global. Esta exposição tenta obter uma melhor compreensão do impacto dos custos, destes sistemas (*Sprinklers* x *Water Mist*), para facilitar tomadas de decisões quanto a escolha dos sistemas/tecnologia supracitados as partes interessadas nos projetos em edificações.

De acordo BRENTANO, T. (2016) um sistema de chuveiro automático é constituído da seguinte forma: Reserva d'água, sistema de bombas, sistema de controle e alarme, tubulações e Hidrante de recalque ou passeio. Importante registrar que as canalizações é a única parte do sistema que permite variações, conforme NBR 10897(2014) contempla várias disposições de subgerais.

Embora a preocupação principal de um projeto de sistema de combate a incêndio dentro das instalações seja implementar um ambiente seguro que combata o foco do fogo, o aspecto custo/benefício de um sistema de chuveiros automáticos é fator decisivo na sua escolha na sua implementação. Visto que a sua aplicabilidade é mandatória através das legislações vigentes em cada estado federativo no país, o projetista deve-se atentar não somente ao custo/benefício como também a capacidade de vida útil do sistema ao longo do tempo dentro da edificação.

As informações de custos a seguir forma extraídas em um recente caso de estudo que compara os custos de projetos entre os sistemas de Chuveiros Automáticos x tecnologia de Água Nebulizada e Dilúvio aplicados em túnel de cabos elétricos, realizado em Dubai, Emirados Árabes, conforme Tomar, M.S. (2016) integrante do corpo técnico da NFPA. Importante destacar que nesse estudo de caso os aspectos técnicos e comerciais abrangem diferentes soluções possíveis em proteção contra incêndio onde são discutidos um total de modelos de 4 amostras de túneis de cabo, sendo estes diferenciados pelas suas respectivas extensões: 1 km, 2 km, 4 km e 6 km, enquanto estes possuem largura e altura numa constante de 3 m de altura e 3 m de largura.

Essa comparação de custos foi fundamentada e hipoteticamente aplicada por Tomar, M.S. (2016) para dois tipos de conjuntos, no caso tubulações e acessórios, em projetos de túneis de cabos elétricos entre os sistemas *Sprinkler X Water Mist*, sendo que a primeira comparação utilizando-se, para os dois sistemas, de tubulação de aço carbono e seus acessórios. A segunda comparação empregou-se a tubulação e acessórios, respectivamente para os dois sistemas, cuja conformação dos tubos são de aço inox e seus acessórios no que se refere ao padrão dos fabricantes da Tecnologia *Water Mist*.

A tabela 6 apresenta uma comparação comercial entre os Chuveiros Automáticos (*Sprinklers*) e tecnologia de Água Nebulizada (*Water Mist*) (apenas custo de capital) para proteção em túneis de cabos de 1 km de extensão com todo o sistema de tubulações (*Aço inox e acessórios*).

Na tabela 7 apresenta a comparação comercial dos diferentes sistemas de proteção contra incêndios sem tubulações (aço carbono e acessórios) é a tubulação usada para sistema de alta pressão para o túnel de 1 km.

As tabelas 8, 9, 10 apresentam uma concisa comparação comercial para os túneis, cujas respectivas extensões de 2 km, 4 km e 6 km, entre os Chuveiros Automáticos (*Sprinkler*) e Água Nebulizada (*Water Mist*).

Vale destacar que os custos são calculados a partir da referência de custos do túnel de 1 km, sendo que alguns itens são multiplicados por fatores de extensão do túnel, enquanto outros são contabilizados separadamente.

Tabela 6: Comparação de custos entre *Water Mist* X *Sprinkler* (aço inox) em túneis de cabos elétricos de 1km.

WATER MIST ALTA PRESSÃO (Túnel de 1 km)		
COMPONENTES DO SISTEMA	QUANTIDADE	PREÇOS EXPERIMENTAIS USD \$
Bombas de alta pressão ajustadas em 140 bar	3	247.680,00
GRP Tanque de Água	1	
Bicos Aspersores	334	
Zonas de Válvulas	42	
Controles		
Logística e Transporte a 10%		24.769,00
Impostos a 5%		13.623,00
Tubulação de Aço inoxidável, acessórios e suportes	2200 m	268.145,00
Instalação e comissionamento		
TOTAL		\$554.217,00
SPRINKLERS (Túnel de 1 km)		
COMPONENTES DO SISTEMA	QUANTIDADE	PREÇOS EXPERIMENTAIS USD \$
CHUVEIROS	350	18.900,00
Zonas de Válvulas	2	1.350,00
Outros controles ajustados a 5%		11.813,00
Custo das Tubulações com bombas de incêndio e canalizações como calculado acima na seção <i>Water Mist</i>	Não Aplicável	540.000,00
Custo Total de proteção do túnel	---	\$572.063,00

Fonte: Tomar, M.S. (2016)

Tabela 7: Comparação de custos entre *Water Mist* X *Sprinkler* (aço carbono) em túneis de cabos elétricos de 1km.

WATER MIST ALTA PRESSÃO (Túnel de 1 km) Sistema completo		
COMPONENTES DO SISTEMA	QUANTIDADE	PREÇOS EXPERIMENTAIS USD \$
Bombas de incêndios	1 conjunto	216.000,00
Tanque de Água	1	54.000,00
Tubulação e montagem	1000 m	270.000,00
Armário Classe III	20	36.720,00
TOTAL		\$576.720,00
Custo Total de Proteção do túnel com todo sistema incluso		\$1.130.937,00
SPRINKLERS (Túnel de 1 km) Sistema completo		
COMPONENTES DO SISTEMA	QUANTIDADE	PREÇOS EXPERIMENTAIS USD \$
CHUVEIROS	350	18.900,00
Zonas de Válvulas	2	1.350,00
Outros controles ajustados a 5%		11.813,00
Custo das Tubulações com bombas de incêndio e canalizações como calculado acima na seção <i>Water Mist</i>	Não Aplicável	576.720,00
Custo Total de Proteção do túnel com todo sistema incluso		\$608.783,00

Fonte: Tomar, M.S. (2016)

Para um túnel de cabos com 2 km de extensão, são apresentados os valores da tabela 8.

Tabela 8: Comparação de custos entre *Water Mist X Sprinkler* (aço carbono x aço inox) em túneis de cabos elétricos de 2km

WATER MIST - ALTA PRESSÃO (Túnel de 2 km)			
COMPONENTES DO SISTEMA	QUANTIDADE	PREÇOS EXPERIMENTAIS USD \$ COM TUBULAÇÕES	PREÇOS EXPERIMENTAIS USD \$ SEM TUBULAÇÕES
Custo do sistema Water Mist	1	1.080.000	1.080.000
Sistema da rede Hidráulica de tubulações(Bombas de incêndios, canalizações, tubulações e montagem)		883.440	0
Custo Total de Proteção do Túnel		\$1.963.440,00	\$1.080.000,00
SPRINKLERS (Túnel de 2 km)			
COMPONENTES DO SISTEMA	QUANTIDADE	PREÇOS EXPERIMENTAIS USD \$ COM TUBULAÇÕES	PREÇOS EXPERIMENTAIS USD \$ SEM TUBULAÇÕES
CHUVEIROS	700	37.800	37.800
Zonas de Válvulas	4	2.700	2.700
Com bombas, canalizações e montagem	1 No	945.000	810.000
Custo Total de Proteção do Túnel		\$985.500,00	\$850.500,00

Fonte: Tomar, M.S. (2016).

A tabela 9 se refere a um túnel de cabos com 4 km de extensão.

Tabela 9: Comparação de custos entre *Water Mist X Sprinkler* (aço carbono x aço inox) em túneis de cabos elétricos de 4km

WATER MIST - ALTA PRESSÃO (Túnel de 4 km)			
COMPONENTES DO SISTEMA	QUANTIDADE	PREÇOS EXPERIMENTAIS USD \$ COM TUBULAÇÕES	PREÇOS EXPERIMENTAIS USD \$ SEM TUBULAÇÕES
Custo do sistema Water Mist	1	1.890.000	1.890.000
Sistema da rede Hidráulica de tubulações(Bombas de incêndios, canalizações, tubulações e montagem)		1.496.880	0
Custo Total de Proteção do Túnel		\$3.386.880,00	\$1.890.000,00
SPRINKLERS (Túnel de 4km de extensão)			
COMPONENTES DO SISTEMA	QUANTIDADE	PREÇOS EXPERIMENTAIS USD \$ COM TUBULAÇÕES	PREÇOS EXPERIMENTAIS USD \$ SEM TUBULAÇÕES
CHUVEIROS	1400	75.600	75.600
Zonas de Válvulas	8	5.400	5.400
Com bombas, canalizações e montagem	1 No	1.620.000	1350000
Custo Total de Proteção do Túnel		\$1.701.000,00	\$1.431.000,00

Fonte: Tomar, M.S. (2016).

A tabela 10 se refere a um túnel de cabos com 6 km de extensão.

Tabela 10: Comparação de custos entre *Water Mist X Sprinkler* (aço carbono x aço inox) em túneis de cabos elétricos de 6km.

WATER MIST - ALTA PRESSÃO (Túnel de 6 km)			
COMPONENTES DO SISTEMA	QUANTIDADE	PREÇOS EXPERIMENTAIS USD \$ COM TUBULAÇÕES	PREÇOS EXPERIMENTAIS USD \$ SEM TUBULAÇÕES
Custo do sistema Water Mist	1	2.970.000	2.970.000
Sistema da rede Hidráulica de tubulações(Bombas de incêndios, canalizações, tubulações e montagem)		2.110.320	0
Custo Total de Proteção do Túnel		\$5.080.320,00	\$2.970.000,00
SPRINKLERS (Túnel de 6 km)			
COMPONENTES DO SISTEMA	QUANTIDADE	PREÇOS EXPERIMENTAIS USD \$ COM TUBULAÇÕES	PREÇOS EXPERIMENTAIS USD \$ SEM TUBULAÇÕES
CHUVEIROS	2100	121.500	121.500
Zonas de Válvulas	12	8.100	8.100
Com bombas, canalizações e montagem	1 No	2.295.000	1890000
Custo Total de Proteção do Túnel		\$2.424.600,00	\$2.019.600,00

Fonte: Tomar, M.S. (2016)

Para facilitar a comparação de custos de túneis de diferentes extensões (1km, 2 km, 4 km e 6 km) e conformação dos sistemas/tecnologias de proteção contra incêndios a figura 25 representa a projeção dos valores entre os dois sistemas com tubulações e acessórios (aço carbono):

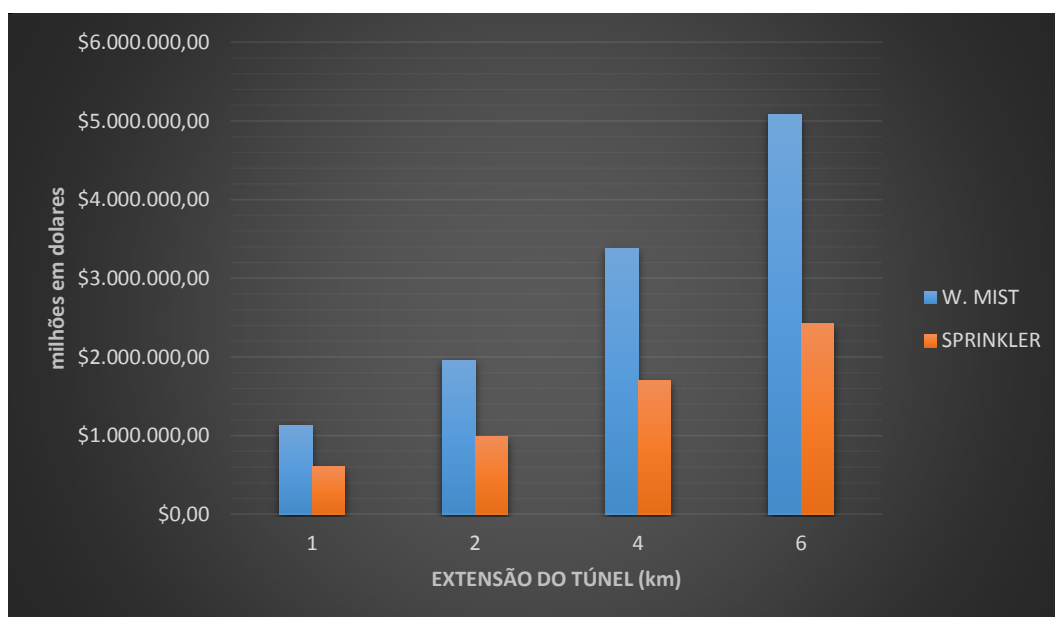


Figura 25: Comparação de custos entre sistemas completos com tubulações e acessórios (aço carbono). Fonte: Tomar, M.S. (2016).

A figura 26 apresenta a comparação de custos de túneis de diferentes extensões (1km, 2 km, 4 km e 6 km) e conformação dos sistemas/tecnologias de proteção contra incêndios no que se refere a projeção dos valores entre os dois sistemas/tecnologias com tubulações e acessórios (aço inox):

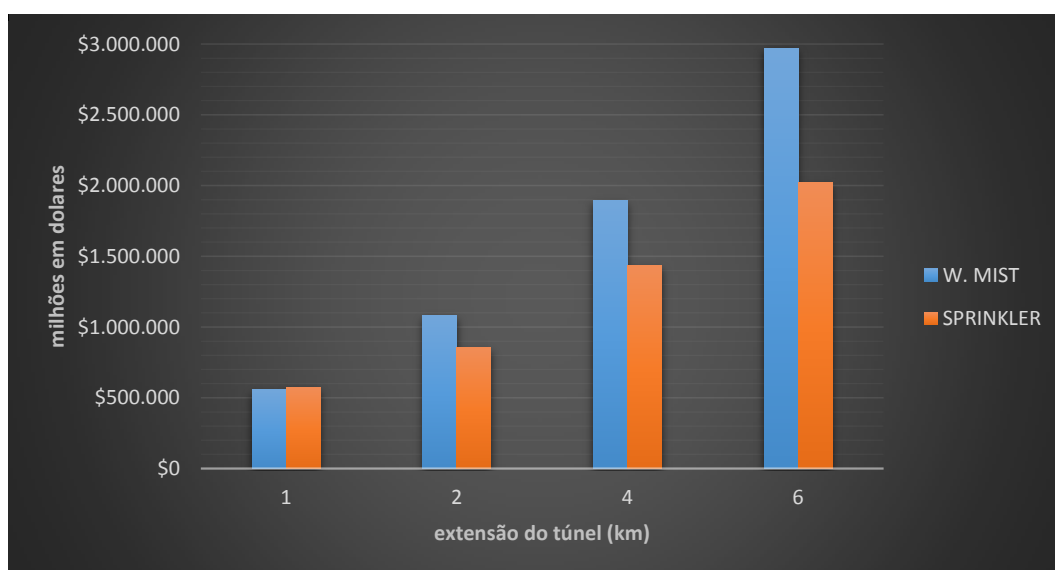


Figura 26: Comparação de custos entre sistemas com tubulações (aço inox). Fonte: Tomar, M.S. (2016).

Quanto a justificativa nessas diferenças de valores nos custos, é necessário entender primeiramente no que se refere as tubulações e acessórios (aço carbono) é que segundo a NFPA 13 a velocidade de escoamento para essas tubulações é de 3,5m/s e conseqüentemente requer canalizações de diâmetros maiores que naturalmente são mais onerosas e mais pesadas, diante disso demanda acessórios mais reforçados para sustentação do sistema, portanto, o custo desse sistema fica mais elevado o que faz o preço aumentar.

Por fim, a justificativa de custo no que se refere a tubulação e acessório (aço inox) é fundamentada pela razão de que esta suporta velocidade maiores (até 10m/s não opera em regime contínuo - NFPA 750 - 2015) o que contribui no menor volume de tubulação e acessório utilizado pelo sistema.

4.3.

Aspectos legais de sistemas de combate a incêndio

É notório, ao redor do mundo, a constante apreensão com o desempenho das edificações. Impulsionada pela dinâmica das inovações tecnológicas, das descobertas de novos elementos com a otimização de recursos sejam elas: tecnologia, sistema e equipamentos, estimula os órgãos normativos de SCI uma atualização contínua e adaptação desses novos elementos funcionais.

De acordo com a ABNT, a normalização é, assim, o processo de formulação e aplicação de regras para a solução ou prevenção de problemas, com a cooperação de todos os interessados, e, em particular, para a promoção da economia global. No estabelecimento dessas regras recorre-se à tecnologia como o instrumento para estabelecer, de forma objetiva e neutra, as condições que possibilitem que o produto, projeto, processo, sistema, pessoa, bem ou serviço atendam às finalidades a que se destinam, sem se esquecer dos aspectos de segurança. Norma é o documento estabelecido por consenso e aprovado por um organismo reconhecido, que fornece regras, diretrizes ou características mínimas para atividades ou para seus resultados, visando à obtenção de um grau ótimo de ordenação em um dado contexto. A norma é, por princípio, de uso voluntário, mas

quase sempre é usada por representar o consenso sobre o estado da arte de determinado assunto, obtido entre especialistas das partes interessadas. O objetivo da normalização é o estabelecimento de soluções, por consenso das partes interessadas, para assuntos que têm caráter repetitivo, tornando-se uma ferramenta poderosa na autodisciplina dos agentes ativos dos mercados, ao simplificar os assuntos, e evidenciando ao legislador se é necessária regulamentação específica em matérias não cobertas por normas.

Cumpre-se registrar que as normas técnicas nacionais fornecem parâmetros e recomendações mínimas necessárias para o desenvolvimento de projetos e execução das instalações de sistemas de proteção contra incêndio, objetivando que se assegure estabelecer níveis mínimos de proteção e segurança na edificação. Por outro lado, as legislações estaduais consignam uns parâmetros básicos para projeto.

Outras apresentam constância de revisão/atualização, conteúdo bem organizado e alinhado as normas internacionais. De uma forma geral, as legislações estaduais fornecem parâmetros iniciais e, posteriormente, remetem ao dimensionamento e a instalação segundo as recomendações da norma brasileira. Tudo isso traduzindo-se da seguinte maneira: As normas “recomendam” e as legislações “determinam, exigem e obrigam” BRENTANO, T. (2016).

Mesmo que seja consabido que o processo de implementação regulatório no Brasil de SCI registra significativo atraso em relação aos outros países desenvolvidos, o governo Brasileiro, nos últimos anos, vem publicando normas e leis atualizadas, por meio do Congresso Nacional, Ministério do Trabalho e Emprego (MTe), ANEEL e o Sistema Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial (SINMETRO) Silva, G. A. (2011). Nesse contexto fica claro que normalizar e certificar é um processo relevante na premissa que visa garantir a qualidade e o desempenho dos materiais, elementos e sistemas construtivos, sendo uma ferramenta eficaz no controle da SCI das edificações, segundo SEITO et. al. (2008).

Desde a década de 70 os corpos de bombeiros de cada estado federativo é o responsável na criação de decretos, resoluções e códigos de segurança contra incêndios, e que estas prescrições são suportadas por normas técnicas específicas,

além de atuar como agente fiscalizador e instituição expedidora do certificado de aprovação da ocupação habitacional – “Habite-se” ou de atividades diversas – “Alvará de funcionamento”.

Como a edificação do estudo de caso encontra-se na cidade do Rio de Janeiro, e a mesma possui o certificado de aprovação “Alvará de funcionamento” do CBMERJ, portanto a legislação a ser adotada para este trabalho de pesquisa, será o COSCIP expedida por decreto nº 897, de 21 de setembro de 1976 e a norma técnica específica da NBR 10.897(2014) que tratam o sobre sistema chuveiros automáticos e respectivas menções que este faz quanto ao volume de água utilizado para o combate a incêndio (RTI), parâmetros projetos e execução.

Quanto a tecnologia de Água Nebulizada (*Water Mist*) é importante inteirar que ainda não há uma norma nacional vigente que estabeleça requisitos para instalação em projetos construtivos em edificações.

Em sentido contrário ao sistema de chuveiros automáticos, a NFPA 750 (2015), última versão, admite que até o presente momento não há uma metodologia geral de dimensionamento para tecnologia de Água Nebulizada (*Water Mist*) fundamentada em premissas de engenharia. Desse modo, a norma citada acima convencionou que o projeto de dimensionamento do *Water Mist* seja instalado de acordo com os riscos e objetivos específicos da área a ser protegida.

A melhoria, a busca no conhecimento da tecnologia *Water Mist* no aspecto amplo na variedade de aplicações e aperfeiçoamento contínuo das listas de especificações no sentido de não somente produzir testes de protocolos bem como os padrões de segurança contra incêndio visam garantir o mínimo de segurança nas edificações e das pessoas. Contudo, a NFPA 750 (2015) reconhece um número limitado de protocolos de teste de sistema de combate a incêndio. Dessa forma para que sejam convalidados e fundamentados pela lista de especificações, os protocolos de teste devem ser desenvolvidos, realizados, e interpretados por laboratórios de incêndio reconhecidos internacionalmente e baseados na avaliação da proteção contra incêndio em relação ao risco do ambiente a ser protegido (carga de incêndio, tipo de combustível, ventilação e compartimentação do ambiente) e ao objetivo específico da tecnologia projetada.

É importante registrar que as listas de especificações são relatórios de aprovação que possui em seu conteúdo a ocorrência dos resultados dos testes, análise dos componentes e o projeto de instalação, que incorpora a conformação dos bicos aspersores, o espaçamento entre os bicos aspersores, pressões mínimas dos bicos aspersores além dos requisitos de suprimentos de água, NFPA 750 (2015).

A tabela 11 apresenta as organizações internacionalmente reconhecidas, que detém o escopo de atuação tanto como administrar bem como desenvolver os protocolos de testes, segundo a NFPA 750 (2015).

Tabela 11: Agências Internacionalmente reconhecidas com teste de protocolos publicados para o sistema de *Water Mist*.

Agency	Water Mist Fire Test Protocol
1. International Maritime Organization, London, England	<p>IMO MSC/Circ. 668, <i>Alternative Arrangements for Halon Fire-Extinguishing Systems in Machinery Spaces and Pump-Rooms</i>.</p> <p>(a) Appendix A, “Component Manufacturing Standards of Equivalent Water-Based Fire Extinguishing Systems,” 1994.</p> <p>(b) Appendix B, “Interim Test Method for Fire Testing Equivalent Water-Based Fire-Extinguishing Systems for Machinery Spaces of Category A and Cargo Pump-Rooms,” 1994. As amended in MSC/Circ. 728, <i>Amendments to the Test Method for Equivalent Water-Based Fire-Extinguishing Systems for Machinery Spaces of Category A and Cargo Pump-Rooms Contained in MSC/Circ. 668</i>, Appendix B, June 1996.</p> <p>IMO Res. A.800 (19), <i>Revised Guidelines for Approval of Sprinkler Systems</i>, Equivalent to that referred to in SOLAS Regulations II-2/12.</p> <p>(a) Appendix 1, “Component Manufacturing Standards for Water Mist Nozzles.”</p> <p>(b) Appendix 2, “Fire Test Procedures for Equivalent Sprinkler Systems in Accommodation, Public Space and Service Areas on Passenger Ships,” December 1995.</p>
2. FM Approvals, 1151 Boston-Providence Turnpike, P.O. Box 9102, Norwood, MA, 02062.	<p>ANSI/FM Approvals 5560, American National Standard for Water Mist Systems, December 2007.</p> <p>FM Approvals 5560, Approval Standard for Water Mist Systems, March 2009.</p> <p>(a) Fire Tests for Water Mists Systems for the Protection of Combustion Turbines with Volumes up to, and including, 2825 ft³ (80 m³)</p> <p>(b) Fire Tests for Water Mists Systems for the Protection of Combustion Turbines with Volumes up to, and including, 9175 ft³ (260 m³)</p> <p>(c) Fire Tests for Water Mists Systems for the Protection of Combustion Turbines with Volumes Exceeding 9175 ft³ (260 m³)</p> <p>(d) Fire Tests for Water Mists Systems for the Protection of Wet Benches and Other Similar Processing Equipment</p> <p>(e) Fire Tests for Water Mists Systems for the Protection of Local Applications</p> <p>(f) Fire Tests for Water Mists Systems for the Protection of Industrial Oil Cookers</p> <p>(g) Fire Tests for Water Mists Systems for the Protection of Computer Room Sub Floors</p> <p>(h) General Requirements</p> <p>(i) Performance Requirements (Water Mist Nozzles and System Components)</p> <p>(j) Operations Requirements</p> <p>FM Approvals Class Number 5560, Approval Standard for Water Mist Systems</p> <p>(a) Fire Tests for Water Mists Systems for the Protection of Machinery in Enclosures with Volumes not Exceeding 2825 ft³ (80 m³)</p> <p>(b) Fire Tests for Water Mists Systems for the Protection of Combustion Turbines in Enclosures with Volumes not Exceeding 2825 ft³ (80 m³)</p> <p>(c) Fire Tests for Water Mists Systems for the Protection of Machinery in Enclosures with Volumes not Exceeding 9175 ft³ (260 m³)</p> <p>(d) Fire Tests for Water Mists Systems for the Protection of Combustion Turbines in Enclosures with Volumes not Exceeding 9175 ft³ (260 m³)</p> <p>(e) Fire Tests for Water Mists Systems for the Protection of Machinery in Enclosures with Volumes Exceeding 9175 ft³ (260 m³)</p> <p>(f) Fire Tests for Water Mists Systems for the Protection of Combustion Turbines in Enclosures with Volumes Exceeding 9175 ft³ (260 m³)</p>

	(g) Fire Tests for Water Mists Systems for the Protection of Light Hazard Occupancies (h) Fire Tests for Water Mists Systems for the Protection of Wet Benches and Other Similar Processing Equipment (i) Fire Tests for Water Mists Systems for the Protection of Local Applications (j) Fire Tests for Water Mists Systems for the Protection of Industrial Oil Cookers (k) Fire Tests for Water Mists Systems for the Protection of Computer Room Sub Floors. (l) Fire Tests for Water Mists Systems for the Protection of Continuous Wood Board Presses (m) General Requirements (n) Performance Requirements (Water Mist Nozzles and System Components) (o) Operations Requirements
3. Underwriters Laboratories Inc., Northbrook, IL, USA	ANSI/UL 2167 , <i>Standard for Water Mist Nozzles for Fire Protection Service</i> [contents can be read from the standard]
4. CEN, Europe	CEN/TS 14972 , <i>Fixed firefighting systems — watermist systems — design and installation</i> [contents can be read from the standard]
5. IMO	<i>International Code for Application of Fire Test Procedures</i> , 2012

Fonte: NFPA 750 (2015).

Avanços na tecnologia *Water Mist* levaram à produção padrões britânicos, europeus, normas internacionais e diretrizes para a concepção de projetos, instalação, comissionamento e manutenção de sistemas de *Water Mist* para combater incêndios de Classe A, B, C e tipo K em uma ampla heterogeneidade de utilizações que sejam: domésticas, residencial, aplicações comerciais e industriais BAFSA (2012).

No entanto no âmbito internacional há códigos e normas que fundamentam este trabalho e, assim municiam e orientam projetistas da área de SCI no projeto construtivo quais sejam: NFPA 750 (2015), BSI 8489 (2011), SOLAS (IMO), certificadoras (ABS, DNV, BV, etc) e organismo certificador (FM). Estes órgãos são reconhecidos internacionalmente devido a sua seriedade, celeridade em revisar regulamentos existentes bem como implementação de novas normas, além de possuir visão moderna de SCI como uma ciência que carece de pesquisa, desenvolvimento e ensino, dessa forma resultando no favorecimento de um ambiente de normatização baseada em desempenho.

5

Estudo de Caso

O estudo de caso desta dissertação terá como escopo de trabalho comparar o volume de água de combate a incêndio entre o sistema já implementado que são os: Chuveiros Automáticos (*Sprinklers*) e a Tecnologia de Água Nebulizada (*Water Mist*), localizado em um pavimento de uso comum de uma edificação comercial.

A formulação do método proposto supracitado nos capítulos anteriores, terá sua aplicação baseada em códigos vigentes nacionais, normas técnicas específicas, normas internacionais e listas de especificações de testes internacionais no que diz respeito tanto para o sistema de chuveiros automáticos bem como a tecnologia de Água Nebulizada, serão elaborados da seguinte forma:

- *Sprinklers*: Será constituído pelo sistema de chuveiros automáticos projetado, existente na edificação, de acordo com os requisitos mínimos de projeto e instalação de sistemas de proteção contra incêndios por chuveiros automáticos preconizados pela NBR 10.897 (2014) e o código vigente do CBMERJ.
- *Water Mist*: Será projetado de acordo com a NFPA 750 (2015) e a NBR 10.897 (2014) como apoio suporte a lacunas existentes pelos teste de protocolos e lista de especificação, por inexistência de norma/regulamento nacional.

5.1.

Caracterização do objeto de estudo

A edificação selecionada foi um prédio comercial de 25 andares com apenas 19 andares de uso comum localizado na cidade do Rio de Janeiro, e área útil com mais de 20.000m². Necessário faz-se salientar que este edifício é classificado como: Edificação Comercial destinada a escritórios, e sua respectiva classificação de riscos avaliada como: Risco Leve nas áreas de escritório e risco

ordinário Grupo I nas áreas de estacionamento. Cumpre-se observar que todas as classificações foram avaliadas e confirmadas, culminando no alvará de funcionamento do edifício expedida pelo CBMERJ.

De acordo com o projeto de incêndio, a rede de *Sprinklers* da cobertura, pavimento do tipo 1º ao 19, sobre loja e térreo, estas áreas são objeto de interesse do presente trabalho, são abastecidas pelo reservatório inferior e pressurizada pela Casa de Máquinas de Incêndio, exclusiva para este sistema.

A edificação possui dois reservatórios, sendo um inferior e outro superior, sendo o reservatório inferior construído com capacidade para um volume de 517.000 l, sendo 120.000 l destinados a reserva técnica do sistema de chuveiros automático (*Sprinklers*) e o reservatório superior construído com capacidade para um volume de 158.000 l, sendo 40.000 l destinado a reserva técnica de incêndio do sistema de hidrantes. A casa de bombas foi projetada no mesmo nível do fundo do reservatório, com a finalidade de manter as bombas sempre afogadas, evitando entrada de ar no sistema e necessidade de escorva das bombas.

Segundo informações da instalação predial escolhida, o projeto atende as seguintes prescrições normativas técnicas: NBR 10.897 (2007), NBR 11.742(2003), NBR 13.434(2004), NBR 9.441(1998) NBR 14.880 (2002), normas do MTe que contemplam as seguintes medidas de proteção ativa e passiva contra incêndio: Sistemas de Canalização Preventiva (Hidrantes), Sistema de Chuveiros Automáticos (*Sprinklers*), Extintores de Incêndio portáteis, Hidrante Urbano do tipo coluna, Hidrante de Recalque (Passeio), Portas Corta-Fogo, Sinalização de Emergência, Sistema de Detecção e Alarme de Incêndio e Pressurização das escadas de emergência.

5.2.

Sistema de chuveiro automático existente

Segundo o inciso IV do art.80 do capítulo X do COSCIP de 1976 do CBMERJ, que tipifica e enquadra a unidade predial em estudo como: Edificação Comercial destinada a escritórios, visto que sua altura excede a 30m (trinta metros) do nível do logradouro público e com isto a edificação deverá instalar a

rede de chuveiros automáticos do tipo *Sprinklers*. Ademais os requisitos específicos tanto de projeto como instalação de chuveiros automáticos devem ser executados conforme as recomendações da ABNT pois é uma orientação expressa do art.76 do código supracitado acima bem como uma recomendação mandatória da NR-23 (Proteção contra incêndios), pois as NRs são relativas à segurança e medicina do trabalho, são de observância obrigatória pelas empresas privadas e públicas e pelos órgãos públicos da administração direta e indireta, bem como pelos órgãos dos Poderes Legislativo e Judiciário, que possuam empregados regidos pela Consolidação das Leis do Trabalho – CLT(NR-01, MTE).

Importante ressaltar que há disponível dois métodos de cálculo: por tabela ou cálculo hidráulico. Neste presente estudo de caso, a escolha do sistema de chuveiros automáticos existente foi implementada pelo método do dimensionamento de cálculo por tabela. O projeto existente de sistemas de chuveiros automáticos foi constituído através dos diâmetros nominais de todas as canalizações, pressões, vazões e volumes da reserva técnica de incêndio, preconizados pelas tabelas da NBR 10.897 (2007), em função da classe de risco da edificação, do material da canalização, das condições da instalação e do número dos chuveiros automáticos. Importante destacar que no dimensionamento pelo método do cálculo por tabelas, tanto para a NBR 10.897 (2007) bem como para NFPA 13 (2007) o volume da reserva técnica de incêndio é fixo e definido pelas normas supracitadas acima e conforme com a classe de risco da edificação.

A rede de chuveiros automáticos instaladas do 1º ao 19º Pavimento, é composta por 4 (quatro) Eletrobombas (Principal, Reserva, Jockey principal e Jockey reserva), localizadas na casa de máquina 1º subsolo, com a potência capaz de garantir o abastecimento das redes de sprinklers. As Eletrobombas principal e reserva, da rede de Sprinkler detêm as seguintes especificações: 1º ponto, Vazão (Q) – 1.800 l/min, Pressão (P) - 80 m.c.a. e Potência (HP) – 50 CV. As Eletrobombas Jockey (principal e reserva) detêm as seguintes especificações: Vazão (Q) – 400 l/min, Pressão (P) - 130 m.c.a. e Potência (HP) – 5 CV. As Eletrobombas principais terão a partida automática em caso de queda de pressão e estas somente poderão ser desligadas manualmente através da botoeira do painel elétrico ou botoeira instalada próximas as bombas. As eletrobombas reservas terão

a partida automática em caso de queda de pressão e desligarão automaticamente através do pressostato ou painel elétrico das eletrobombas. Oportuno torna-se a apresentar que os chuveiros automáticos possuem um esquemático de maneira geral dentro das edificações na conformação apresentada pela figura 27:

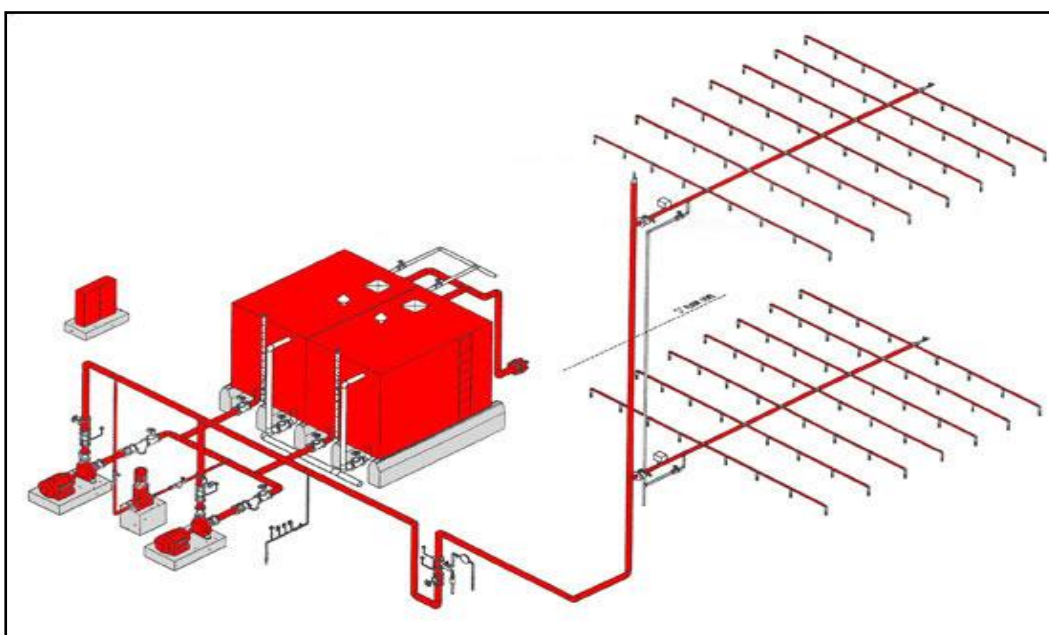


Figura 27: Esquemático geral dos chuveiros automáticos.
Fonte: Elaborada pelo autor.

Os chuveiros automáticos existentes de 1/2" (meia polegada) de diâmetro, cromado com bulbo quartzóide, na cor vermelha com temperatura de disparo definida em 68°C, modelo RTR=15, com fator de vazão (k) igual a 80, conforme a figura 28. Os *Sprinklers* foram projetados fixados na rede, de maneira tal que não sofram interferência de correntes frias de ar, oriundas de sistema de refrigeração.



Figura 28: Chuveiro automático RTR 15.
Fonte: Memorial descritivo de projeto da edificação.

A definição no projeto dos chuveiros automáticos quanto a posição, é que nos ambientes eles fiquem na acomodados de forma pendente, visto que tanto o chuveiro pendente como o *upright* podem ser utilizados em todos os tipos de riscos e todos tipo de teto, conforme preconizado pela NBR10.897 (2014).

Como a classificação da instalação é validada pelo CBMERJ como Risco leve, o projeto definiu o fator k^5 do chuveiro em $80 \text{ l}/(\text{min} \times \text{bar}^{1/2})$, visto que seu tamanho é de 15mm e seu orifício de descarga com $1/2''$ polegada segundo a definição preestabelecida pela tabela 12 da norma técnica brasileira:

Tabela 12: Tipo de chuveiro em função do risco do ambiente.

Classe de Risco	Diâmetro nominal do chuveiro (mm)	Orifício do chuveiro		FATOR K ($\text{l}/\text{min} \times \text{bar}^{1/2}$)
		Tipo	Diâmetro (mm)	
Leve	15	Médio	12,70	80

Fonte: NBR 10.897 (2014) adaptado.

A metodologia de dimensionamento escolhido para o sistema existente pressupõe que os diâmetros das canalizações, os números de chuveiros automáticos por sub-ramal e números de sub-ramais por ramal estão condicionados pelas características de vazão e pressão dos suprimentos de águas disponíveis. Segundo BRENTANO, T. (2016), desta forma as características de vazão (Q) e de pressão (P), conforme a classe de risco do edifício, são fundamentais para o método de cálculo escolhido e funções de:

- Enquadramento da edificação à classe de risco de ocupação.
- Determinação da área máxima de cobertura por chuveiros automáticos especificado por norma.
- Determinação dos espaçamentos máximos e mínimos dos chuveiros automáticos.
- Determinação da área a ser protegida.
- Determinação da rede de chuveiros automáticos no ambiente
- Determinação dos diâmetros dos ramais e sub-ramais.

⁵ Segundo a NBR10.897(20014) - Fator k: fator que relaciona a vazão do chuveiro automático com a pressão dinâmica nele atuante; serve para definir a capacidade de vazão do chuveiro automático, podendo variar de 5% para mais ou para menos.

- Determinação da vazão mínima da instalação.
- Determinação do diâmetro da coluna de incêndio (canalização de recalque).
- Determinação do diâmetro da canalização de sucção.
- Determinação da pressão mínima do dimensionamento por tabela.
- Seleção das bombas de incêndio.
- Determinação do volume da RTI.

Os chuveiros automáticos estão distribuídos no pavimento construído de uso comum, no caso do andar escolhido. Portanto a determinação da área de cobertura por chuveiro (A_s) foi estabelecida no projeto conforme premissa da ABNT NBR10.897 (2014) conforme figura 29, através da multiplicação da dimensão S pela dimensão L , ou seja: $A_s = S \times L$. Importante registrar que para o determinação da (A_s) por chuveiro automático se faz necessário aplicar a metodologia ao longo dos ramais, entre ramais e paredes, onde S é a distância entre os chuveiros ao longo dos ramais (B) ou o dobro da distância bico à parede nesta direção (A), e L é a distância entre os ramais (D) ou o dobro da distância bico parede nesta direção (C).

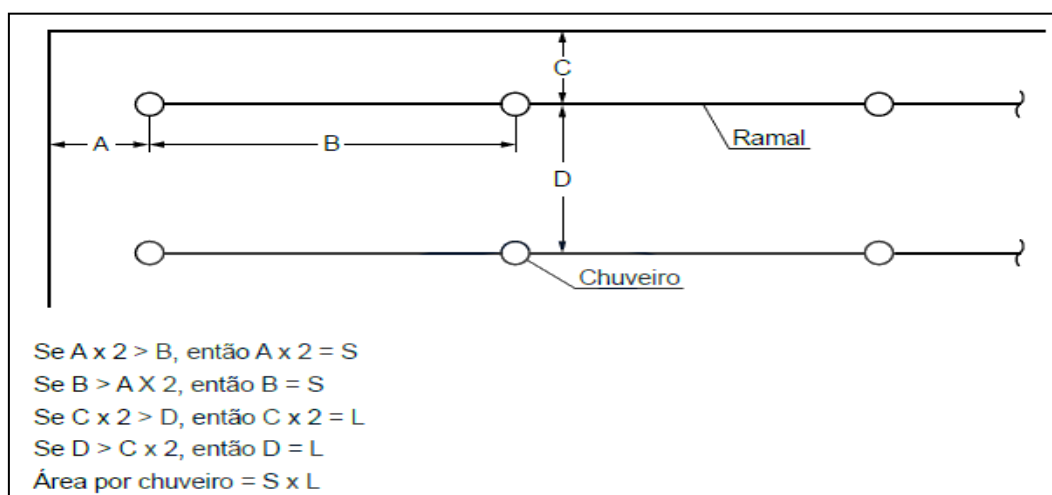


Figura 29: Determinação da área de cobertura por chuveiro automático.
 Fonte: NBR: 10.897 (2014).

Como pavimento têm duas VGA protegendo uma área total de 930m², o projetista do sistema dividiu cada pavimento em duas áreas distintas perfazendo

cada área 465m² cada lado suprido por uma VGA, sempre observando nas áreas os bicos mais desfavoráveis do sistema de chuveiros automáticos, conforme demonstrado no anexo A.

Dessa forma para simplificar o dimensionamento, permitiu-se para este projeto, segundo a norma vigente NBR 10.897 (2014) conforme tabela 13:

Tabela 13: Área máxima servida por uma coluna de alimentação por pavimento.

Tipo de Risco	Área máxima servida por um coluna de alimentação por pavimento m ²
Leve	4800
Ordinário	4800
Extraordinário	2300
Extraordinário	3700
Armazenamento	3700

Fonte: NBR10.897 (2014).

Não obstante, o conhecimento dos diâmetros das tubulações é determinado de modo assegurar uma densidade predefinida e distribuída com um admissível nível de padrão sobre a área de operação, na qual o conjunto de chuveiros destinados a um ambiente a ser protegido irá operar segundo a NBR 10.897(2014) de acordo com a tabela 14.

Tabela 14: Áreas de cobertura máxima por chuveiro automático e distância máxima.

Tipo de teto	Método de cálculo	Área de cobertura m²			Distância máxima entre chuveiros automáticos (metros)		
		Lev	Ord	Ext	Lev	Ord	Ext
Não combustível obstruído e não obstruído; combustível não obstruído	Tabela	18,6	12,1	8,4	4,6		3,7
	Hidráulico	20,9		9,3 a 12,1X			3,7 a 4,6Y
Combustível ob+struído	Tabela	15,6		8,4			3,7
	Hidráulico			9,3 a 12,1X			3,7 a 4,6Y
Combustível com elementos estruturais distanciados a menos de 0,90 m	Tabela	12,1		8,4			3,7
	Hidráulico			9,3 a 12,1X			3,7 a 4,6Y
X Área de cobertura, risco extra: 9,3 m², se densidade ≥ 10,2 mm/min, e 12,1 m², se densidade < 10,2 mm/min. Y Espaçamento máximo: 3,7 m², se densidade ≥ 10,2 mm/min, e 4,6 m, se densidade < 10,2 mm/min.							

Fonte: NBR 10.897(2014) adaptado.

5.2.1

Estimativa de cálculo da instalação existente

Na instalação existente foram utilizados 66 chuveiros automáticos por VGA, com fator de vazão (k) 80 a uma pressão normativa mínima de 50kPa. A vazão calculada tomando por base o diagrama de projeto de prevenção e combate a incêndio, rede de chuveiros automáticos (*Sprinklers*) está descrita a seguir:

- **Números de chuveiros (N) dimensionados no projeto existente:**

$$N_n = 66 \text{ por VGA};$$

- **A vazão (Q_b) dos chuveiros automáticos NBR 10.897(2007):**

$$Q_b = k \cdot \sqrt{p}$$

Onde: Q= vazão em l/min;

k= fator de vazão (adimensional);

P = pressão de operação em bar.

$$Q_b = 80 \times \sqrt{0,5} = 56,57 \text{ l/min} = 0,06 \text{ m}^3/\text{h}$$

- **A vazão instalada por VGA é:**

$$Q_{VGA} = N_n \times Q_b$$

$$Q_{VGA} = 66 \times 56,57 = 3.733,62 \text{ l/min} = 224,01 \text{ m}^3/\text{h}$$

- **A vazão total (Q_t) do pavimento (todos os chuveiros em plena operação):**

$$Q_t = 2 \times Q \text{ logo } \rightarrow Q_t = 2 \times 3.733,62 = 7.467,24 \text{ l/min} = 448,03 \text{ m}^3/\text{h}$$

Como a classificação emitida pelo CBMERJ para o edifício em questão é risco leve para a área de uso comum, que compreende do 1º ao 25º Andar e o tempo previsto para atuação ininterrupta do sistema de chuveiros automáticos é de 30 minutos, conforme resolução SEDEC 300 Art.6º em consonância com o COSCIP, foi previsto a RTI de 120.000 litros no reservatório para atender suprir o sistema, e as bombas de combate a incêndio possuem cada a vazão de 108m³/h,

logo abaixo segue a vazão dimensionada para o sistema tomando por base a atuação simultânea dos chuveiros automáticos do pavimento:

▪ **Vazão dimensionante para as duas (2) VGA's:**

$$Q = V_{RTI} / T$$

Onde Q é igual ao volume requerido;

V = volume do RTI em litros;

T = tempo de atuação em minutos.

$$Q = \frac{120.000}{30} = 4.000 \text{ l/min} = 240 \text{ m}^3/\text{h}$$

Como a vazão requerida para o pavimento em estudo, considerando a atuação simultânea dos chuveiros automáticos que é de 448,03 m³/h, e que o suprimento da RTI para um período de atuação de 30 minutos conforme NBR é de 240 m³/h, há uma diferença de 208,28 m³/h a menor.

Observado também que as atuais bombas de incêndio suprem o volume de 216 m³/h, e com isso nota-se inconsistências entre o projeto instalado e a legislação vigente.

5.3.

Dimensionamento da tecnologia de Água Nebulizada (*Water Mist*)

Importante ressaltar que como trata-se de um trabalho acadêmico e a tecnologia de Água Nebulizada (*Water Mist*) ainda se encontra sobre a tutela da norma internacional mais reconhecida, NFPA 750 (2015), que este último em tempo reconhece ainda não há um método de dimensionamento geral fundamentado nas premissas de engenharia, apenas ressalva que sejam seguidas as recomendações provenientes das listas de especificações adequada aos riscos e objetivos específicos ao ambiente a ser protegido.

Diante do entendimento exposto acima o dimensionamento para a tecnologia de Água Nebulizada (*Water Mist*) será balizado também pelas premissas de projetos, pela notória similaridade ao sistema de chuveiros automáticos recomendadas pelo COSCIP - Decreto nº 897, de 21 de setembro de

1976 em seu artigo 80 inciso IV, não obstante que este código prescreve que todo projeto e instalação de chuveiros automáticos *Sprinklers* obedeça aos requisitos mínimos de projetos da ABNT NBR 10.897 (2014). Portanto a decisão de dimensionamento do *Water Mist* fundamentou-se em observância ao código regional onde a edificação está instalada, requisitos de projetos por norma técnica nacional, norma internacionalmente reconhecida e lista de especificação dos bicos aspersores da tecnologia de Água Nebulizada (*Water Mist*).

A edificação objeto desse estudo de caso enquadra-se na classe de risco leve, tanto pela NFPA 750 (2015) capítulo 5 bem como pela NBR 10.897 (2014). Por outro lado, as orientações da NBR 10.897 (2014) prescreve para os projetistas dois métodos de dimensionamento denominado em: método tabelado e cálculo hidráulico. Assim para este estudo de caso será adotado o método de sistema projetado por cálculo hidráulico⁶ devido a sua precisão, pois entrega como resultado uma instalação mais econômica e serve para qualquer classe de risco.

Na questão fundamental quanto a tecnologia de Água Nebulizada (*Water Mist*) foi pesquisada para o dimensionamento do projeto *Water Mist* uma lista de especificações que atenda tanto aos parâmetros básicos requeridas por protocolos de teste internacionalmente reconhecidos bem como que seja adequado aos riscos de um edifício comercial do estudo de caso.

A tecnologia de Água Nebulizada (*Water Mist*) de combate a incêndio foi projetada para a edificação em questão de acordo com os parâmetros básicos preconizados pelo protocolo de teste para espaço de maquinário categoria A Resolução IMO MSC/Circ. 913, quais sejam elas:

- Critério para instalação de bicos aspersores (Altura, área protegida);
- Área total efetiva (Área de operação de acordo com a classificação de riscos);
- Tipo e taxa de fluxo dos bicos aspersores;
- Mínima pressão nos bicos aspersores.

⁶ Segundo a NBR 10.897 (2014), **Sistema projetado por cálculo hidráulico** - sistema de chuveiros automáticos no qual os diâmetros de tubulação são selecionados com base na perda de carga, de modo a fornecer a densidade de descarga de água necessária ou a pressão mínima de descarga ou vazão por chuveiro automático exigida, distribuída com um grau razoável de uniformidade sobre uma área específica.

Na figura 30 segue um esquemático funcional da tecnologia de Água Nebulizada, utilizando bombas para pressurização do sistema (*Water Mist*):

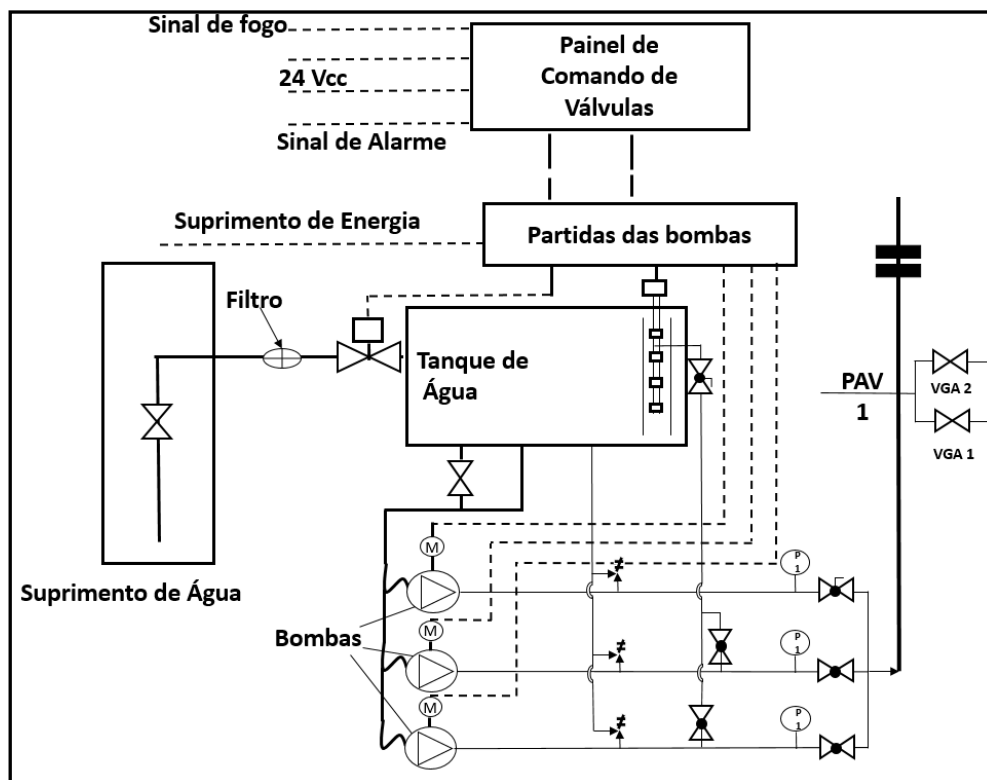


Figura 30: Esquemático funcional do *Water Mist*.

Fonte: Elaboração do próprio autor.

5.3.1.

Premissas utilizadas para execução dos cálculos

Devido a importância dos bicos aspersores na composição do sistema, visto que estes exercem papel chave no funcionamento da tecnologia *Water Mist* com o nível de eficiência sustentável e concomitantemente a imprescindibilidade na entrega de resultados, no mínimo, análogos ao do sistema convencional de chuveiros automáticos, foi definido para este estudo de caso o dimensionamento de dois fabricantes da tecnologia de Água Nebulizada, sendo o primeiro o bico aspersor foi do fabricante SEM-SAFE Danfos Semco A/S Fire Protection aprovado pela certificação MED-B-5046 expedida pela DNV (ver anexo B) e o segundo fabricante Marioff Corporation bico aspersor 1B 1MC 6MC 10RB (ver anexo C), estes fornecedores supracitados estão sob a tutela das recomendações prescritas dos protocolos de teste para espaço de maquinário categoria A constante

na IMO/Circ. 913, protocolo este recomendado pela NFPA 750. A lista de especificação da SEM-SAFE Danfoss foi escolhida devido a sua aceitação pelo SOLAS além disso a amplitude da categoria de classe de incêndio A e B. Similarmente como é aplicado ao sistema de chuveiros automáticos, no que tange a orientação de instalação bem como o padrão de bico adotado pelos testes de certificação, os bicos aspersores do *Water Mist* serão posicionados no sentido pendente.

Cumpre-se observar que na certificação, expedida para o fabricante SEM SAFE Danfoss, nota-se tipificação para 4 tipos de bicos com níveis distintos de operação de pressão, apresentado na tabela 15, sendo 2 com operação funcional de 80 bar e 100 bar. Arraigado ao princípio de um trabalho acadêmico na qual o conservadorismo e a razoabilidade sejam observados diante dos inconvenientes foi utilizado a alternativa nº1 da lista de especificação conforme figura abaixo, devido a operação de pressão (100 bar) e sendo este maior fator de descarga em relação as duas especificações do nível de pressão salientado.

Tabela 15: Alternativa nº1 da lista de especificação do bico aspersor SEM SAFE Danfoss.

Alternativa 1: Nível Alto- 100bar	
Espaço máximo horizontal	4,0m
Mínima distância vertical do objeto	1,9m
Máxima distância vertical do objeto	10,6m
Pressão mínima de operação	100bar(na cabeça dos bicos)
Tipo de cabeça do aspersor	7-01-56-5-19-00
Fator (k), cabeça do aspersor (usando $Q=kxP^{1/2}$)	1,87
Tiragem, Cabeça do aspersor	DL1:7-01-56-5-19-00
As cabeças dos bicos aspersores são para cobrir área periféricas do objeto protegido.	
As cabeças dos bicos aspersores são para ser instalados na posição pendente.	
Cabeças de bicos aspersores simples são aceitos quando metade do espaço são utilizados.	

Fonte: Certificação DNV MED-B-5046 ANEXO B.

A distribuição dos bicos aspersores em toda área do pavimento será a prescrita na alternativa nº1 da lista de especificação MED-B-5046, no trato dos distanciamentos máximos e mínimos. Este critério também será adotado ao projeto do bico aspersor da Marioff.

Com a finalidade de simplificar os cálculos, a área utilizada será a mesma do sistema de chuveiros automáticos de 465m² para cada VGA de acordo com o risco leve preconizado pela curva de densidade x área da NBR 10.897 (2014), perfazendo um total de 930m² no pavimento escolhido pela razão de não ter sido especificada nos testes a área de operação. Será considerado para dimensionamento do projeto da tecnologia de Água Nebulizada (*Water Mist*) as VGAs abertas, bem como todos os bicos aspersores.

5.3.2.

Metodologia geral de cálculo para ambos os fabricantes

Desse modo, os aspectos relevantes para a metodologia de cálculo adotado será o dimensionamento da área de cobertura por bico aspersor (mesma metodologia aplicada aos chuveiros automáticos para área de cobertura capítulo 5 subitem 2) conforme figura 31:

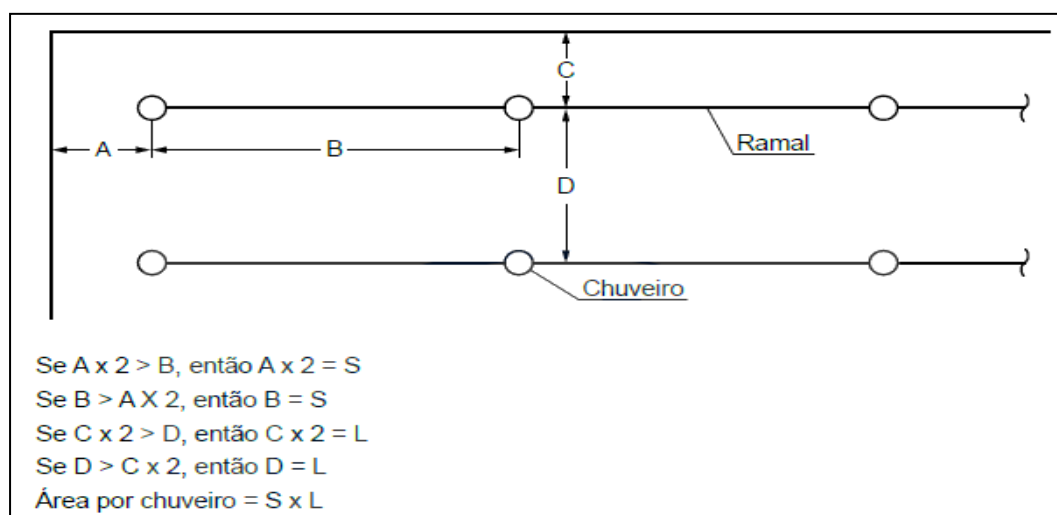


Figura 31: Metodologia aplicada para área de cobertura.
 Fonte: NBR 10.897 (2014).

Posteriormente a definição a área de cobertura calcular a demanda de água dos bicos aspersores utilizando-se das curvas de densidade e área, conforme figura 32:

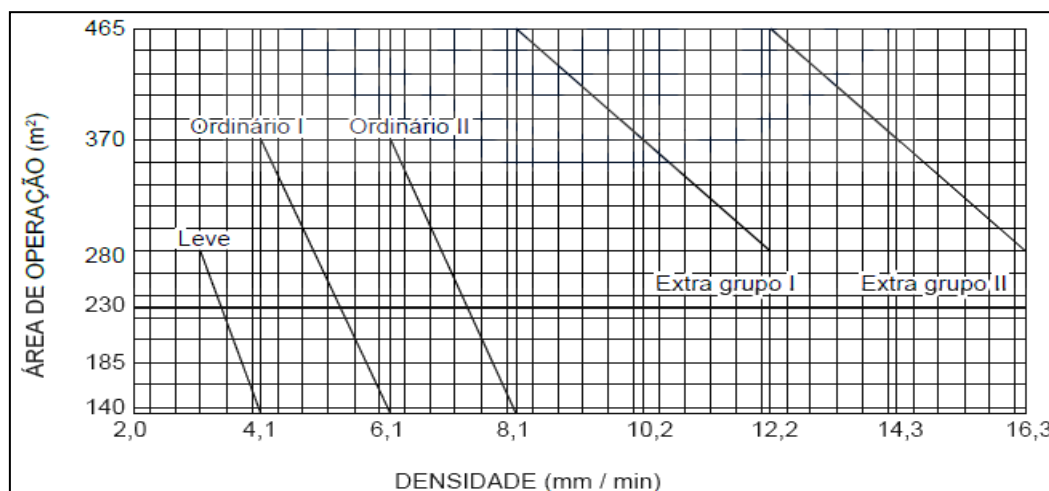


Figura 32: Curvas de densidades X áreas.

Fonte: NBR 10.897 (2014)

Devido a conformação da área de cobertura apresentar-se na forma retangular irregular, será adotado como premissa de cálculo do método densidade-área, na qual a área de operação/VGA (A_{op}) = $465 m^2$.

A área a ser protegida é retangular com as dimensões $16,45m \times 31,91 m$. Como é previsto uma distância mínima entre o bico aspersor e as paredes foi adota $2 m$ para estas distâncias. Para determinar a distância entre os bicos foi deduzido $4 m$ ($2 m \times 2 m$) e o restante $27,95 m$ foi dividido pelo espaçamento máximo permitido no modelo de bico aspersor, segundo lista de especificação **SEM SAFE Danfoss**, utilizado $4 m$, logo o valor encontrado foi de $6,97$ bicos então foi arredondado para 8 bicos/ramal a serem utilizados o que determina o espaçamento de $3,98 m$. Devido a irregularidade do arranjo e algumas áreas específicas que requeiram proteção foram adicionados 4 bicos aspersores o que totaliza um número de 36 bicos aspersores utilizados aos projetos de ambos fabricantes.

Para a determinação dos números de ramais o espaço utilizado é de $16,45 m$, também deve ser reservado $2 m$ de distância entre o ramal e a parede. No arranjo do pavimento a construções adentrando na área de proteção conforme planta abaixo e essa distância é de aproximadamente $5,25 m$. Desta forma foi deduzido também além dos $5,25 m$ mais $2 m$, restando $9,2 m$ para a alocar os ramais. Foi empregado inicialmente o quantitativo de $3,68$ ramais que consequentemente arredonda-se para um número inteiro de 4 ramais. Como o

espaçamento dos 4 ramais excede a distância estimada para os ramais foi utilizado a distância entre os ramais 3,06 m e 3,25 m para sub-ramais.

Segundo a convenção da lista de especificação, fica estabelecido a pressão mínima de funcionamento (**P_{min}**)=100 bar ou 10.000 kPa, que automaticamente posiciona a tecnologia em um sistema de alta pressão, e que dessa forma estipula que a pressão mínima supracitada atuante no bico aspersor mais desfavorável. Fazendo-se conhecer pela formula a seguir:

$$P_{min} = \left(\frac{10 \times Q_{min}}{k} \right)^2$$

Sendo: **Q_{min}**= vazão mínima do bico em l/min

P_{min} = Pressão mínima em kPa

k= Fator de descarga

Sabendo o valor adotado da constante (**k**) adotado pelo bico aspersor, da lista de especificação, facilita e ao mesmo tempo possibilita o cálculo da vazão mínima (**Q_{min}**).

Abaixo será conhecida a **Q_{min}** do bico aspersor SEM SAFE:

$$Q_{min} = \frac{k \times \sqrt{P_{min}}}{10} = \frac{1,87 \times \sqrt{10.000}}{10} = 18,7 \text{ l/min}$$

A seguir será conhecida a **Q_{min}** do bico aspersor Marioff:

$$Q_{min} = \frac{k \times \sqrt{P_{min}}}{10} = \frac{0,25 \times \sqrt{10.000}}{10} = 2,5 \text{ l/min}$$

A tubulação utilizada para este projeto(ambos fabricantes) será de aço inoxidável, visto que este tipo de material é adotado pelos testes de certificação, e que apresenta constante (C) de rugosidade de Hazen-Williams =150, de acordo com tabela 16:

Tabela 16: Constante dos valores do C de Hazen-Williams.

Tubo ou Cano	Valor de C*
Plástico (listado por 5.3.2 ou 5.3.4.4)- Todos os tipos	150
Tubo de cobre ou aço inoxidável	150

Fonte: NFPA 750 (2015).

Depois de definido o tipo de material, que diz respeito a tubulação, que fará parte do sistema, se faz necessário, conforme NFPA 750 (2015) conhecer a perda de carga estabelecida em sistemas de alta pressão pela seguinte formula:

$$J_{x-y} = 605 \left(\frac{Q_{acum}^{1,85}}{C^{1,85} \times dm^{4,87}} \right) \times 10^5$$

Onde:

J_{x-y} = perda de carga entre os pontos X e Y (**kPa/m**);

Q_{acum} = Vazão acumulado em (**l/min**);

C = constante de rugosidade do material (adimensional);

dm = diâmetro da tubulação em (**mm**).

Logo após conhecidos os parâmetros acima, foi identificado abaixo as partes relevantes para execução dos cálculos. Os ramais são identificados através de números e letras, juntamente com os nós nos ramais e a distribuição dos bicos aspersores conforme anexo D.

A fim de obter uma distribuição de gotícula ideal para a aplicação, uma névoa fina de água deverá ser suprida por um sistema de alta pressão capaz de fornecer uma pressão mínima de 10.000 *kPa* (100 *bar*). Sendo utilizado um sistema de fluido único, que é para ser utilizado água pura e de forma nebulizada sem quaisquer aditivos ou a mistura de gases, utilizando o sistema molhado (Bicos aspersores com elemento termossensível cuja a temperatura de atuação é de 68°C).

Desse modo foram definidas diretrizes fundamentais, abaixo, para o alcance de resultados sustentáveis em edificações urbanas, no aspecto de gestão ambiental dos recursos hídricos em relação ao dimensionamento da tecnologia de Água Nebulizada (*Water Mist*).

Para fins de cálculos serão adotadas as premissas para o fabricante **Marioff Corporation** da tabela 17:

Tabela 17: Tabela de tubulação.

Diâmetro da Tubulação (mm)	Raios de Curvaturas (mm)	Utilização
12	30	Ramal
25	63	Sub-Ramal
30	75	Subida Principal
38	95	Subida Principal
60	150	Geral

Fonte: Marioff Corporation.

- A tubulação a ser utilizada será de aço inox de acordo com a AISI-316L;
- O fator de descarga (k) dos bicos aspersores é de 0,25;
- A pressão mínima requerida de cada bico será de 10.000 *kPa* (100 bar);
- As conexões deverão ser de aço inox soldáveis.

Premissas utilizadas para o fabricante **SEM-SAFE Danfoss** através da lista de especificação:

- Distância máxima entre os bicos na horizontal (4,0 *m*);
- Distância máxima entre o bico e os objetos a ser protegido (10,6 *m*);
- Pressão máxima de operação (100 *bar*) nos bicos aspersores;
- Fator de descarga (k) = 1,87;
- Temperatura de operação dos bicos aspersores 68°C;
- Cor do bulbo termossensível – Vermelha;
- Tubulação de aço Inox de acordo com a AISI-316L;
- Conexões soldadas ou engate para alta pressão;
- Distância entre o bico e a parede (2,0 *m*).

5.3.3.

Execução dos cálculos para os fabricantes escolhidos

Desse ponto em diante, será iniciado o cálculo da vazão e da pressão em cada um dos trechos considerados, adotando a mesma premissa de cálculo adota pela NFPA 750 (2015) NBR 10.897 (2014). Entretanto será demonstrado o trecho

inicial e os demais cálculos será apresentado através das planilhas de parâmetros de cálculo do projeto e **SEM-SAFE Danfoss**.

Primeiramente será apresentada a rotina de cálculo utilizando bico aspersor da SEM-SAFE Danfoss. Por ser repetitivo será apresentada a metodologia para o alcance dos resultados através da rotina de cálculo do trecho 1-2 do ramal A conforme abaixo, e os demais trechos forma modelados em uma planilha Excel a seguir:

A) Trecho 1-2 do ramal A:

$$P_{\text{inicial}} = 10.000 \text{ kPa} \text{ (100 bar)}$$

Fórmulas SEM-SAFE Danfoss: 1º)

$$Q_{\text{bico1}} = \frac{k \times \sqrt{P_{\text{min}}}}{10} = \frac{1,87 \times \sqrt{10.000}}{10} = 18,7 \text{ l/min}$$

$$Q_{\text{ant}} = 0$$

$$Q_{\text{acum}} = Q_{\text{bico1}} + Q_{\text{ant}} = 0 + 18,7 \text{ l/min}$$

$$dm = 20 \text{ mm}$$

Sendo: **Qbico1**= Vazão no bico 1 (o bico aspersor mais desfavorável)

Qant= Vazão no bico anterior

Qacum= Vazão acumulada

dm= Diâmetro da Tubulação

Fórmula SEM-SAFE Danfoss: 2º)

Em virtude da perda de carga observada entre os pontos 1 e 2 do ramal A e, recomendada pela NFPA 750 (2015) será adotada na rotina de cálculo a perda de carga unitária por Hazen-Williams a seguir:

$$J_{1A-2A} = 605 \left(\frac{Q_{\text{acum}}^{1,85}}{C^{1,85} \times dm^{4,87}} \right) \times 10^5 = 605 \left(\frac{18,7^{1,85}}{150^{1,85} \times 20^{4,87}} \right) \times 10^5$$

$$J_{1A-2A} = 0,59 \text{ kPa/m}$$

Sendo: **J₁₋₂** = A perda de carga entre os pontos no trecho 1-2 do ramal A (**SEM-SAFE Danfoss**).

Fórmula SEM-SAFE Danfoss: 3º)

$$C_T = C_{T'} + C_P = 4,78 + 2,9 = 7,67$$

Sendo: C_T = Comprimento Total da tubulação no ramal

$C_{T'}$ = Comprimento do Trecho da tubulação no ramal

C_P = Comprimento Equivalente da tubulação no trecho do ramal

Fórmula SEM-SAFE Danfoss: 4º)

$$hf = C_T + J_{1-2} = 7,67 \times 0,59 = 4,52 \text{ kPa}$$

$$hg = 0$$

$$ht = hf + hg = 4,52 + 0 = 4,52 \text{ kPa}$$

$$P_{final} = P_{final} + hf = 10.000 + 0,38 = 10.000,38 \text{ kPa}$$

Sendo: P_{final} = Pressão final

hg = Pressão estática no trecho

hf = Pressão dinâmica no trecho

ht = Pressão total no trecho

Fórmula SEM-SAFE Danfoss: 5º)

$$v = \left(\frac{Q_{acum}}{A_{tub}} \right) = \frac{Q_{acum}}{\pi(dm/2)^2} = \left(\frac{18,7 \text{ l/min}}{\pi(20/2)^2} \right) = \left(\frac{18,7}{6000} \right) m^3/s = \frac{(18,7)}{\pi(20/2000)^2} m^2$$

$$v = 1,98 \text{ m/s}$$

Sendo: v = velocidade do agente extintor na tubulação.

A_{tub} = Área da tubulação

Na figura 33 são apresentados os parâmetros necessários que foram utilizados para execução da rotina de cálculo.

Classifc.	Risco	Tipo Bico	Temp. Operação	D. Nomi.(mm)	Fator K	Vazao Bico(l/min)	A. Pav.(m2)
Escritorio	Leve	Pendente SR	68°C	20-25-32-40	1,87	18,70	930
A. Op. (m2)	Densid. (l/min.m2)	Qta. de bicos	Qtotall(l/min)	Pnomin(kPa)	Tubulação	(C) Hazen-Williams	
465	4,1 l/min.m2	36	676,02	10.000	Aço Inox	150	

Figura 33: Parâmetros necessários para execução dos cálculos Fabricante SEM-SAFE

Fonte: Elaborada pelo autor.

Na figura 34 apresenta-se a planilha final de rotina de cálculo:

Trecho	P inicial (kPa)	Q (l/min)		Tubulação		Compr. total(m)	J (kPa/m)	P. Dinâmica	P. Total	Veloc.
		Bicos Asper.	Acumulada	D(mm)	Compri. Eq			(kPa)	(kPa)	(m/s)
1-2	10000,00	18,70	37,40	20	2,9	7,68	0,59	4,55	10004,55	1,98
2-3	10004,55	18,70	56,10	25	3,1	7,88	1,53	12,03	10016,58	1,90
3-4	10016,58	18,72	74,82	25	3,1	7,88	2,60	20,49	10037,07	2,54
4-5	10037,07	18,73	93,55	25	3,1	7,88	3,93	30,98	10068,04	3,18
5-6	10068,04	18,76	112,32	25	3,1	7,88	5,51	43,44	10111,48	3,81
6-7	10111,48	18,80	131,12	25	3,1	7,88	7,34	57,84	10169,32	4,45
7-8	10169,32	18,86	149,98	25	4,1	8,88	9,41	83,58	10252,90	5,09
8A-T	10252,90	0,00	299,96	25	3,7	7,01	9,41	65,98	10318,88	5,09
T-S	10347,04	0,00	449,95	32	0	3,06	21,59	66,07	10413,11	9,32
S-R	10413,11	0,00	676,02	40	0	3,06	15,47	47,33	10769,33	8,97
R-Q	10769,33	0,00	676,02	40	3,9	24,9	15,47	385,11	11154,44	8,97

Figura 34: Planilha final de execução dos cálculos (SEM-SAFE Danfoss).

Fonte: Elaborada pelo Autor.

Este método de rotina de dimensionamento aplicado ao fabricante **SEM-SAFE Danfoss**, que foi projetado a instalação de 36 bicos aspersores e tubulações de diâmetros apropriados da tecnologia *Water Mist* conforme anexo E, culminou no resultado de uma vazão calculada de 676,23 l/min resultando em uma RTI de 20.280,8 l/30min para um ambiente protegido por uma (1)VGA.

Considerando que o risco da edificação comercial é classificado como leve pelo CBMERJ e ABNT, além disso o tempo mínimo de operação contínua estabelecido para este tipo de sistema preconizado pela NFPA 750 (2015) é de 30 minutos, logo demanda de RTI para área total do pavimento será de 40.561,68 l/30min, em razão de que há em cada pavimento duas (2) VGAs.

Desse ponto em diante será apresentada a rotina de cálculo utilizando bico aspersor do fabricante **Marioff Corporation**. Por ser repetitivo, adotando a mesma filosofia do fabricante acima, será apresentada a metodologia para o alcance dos resultados através da rotina de cálculo do trecho 1-2 do ramal A conforme abaixo, e os demais trechos foram modelados em uma planilha Excel a seguir:

B) Trecho 1-2:

Pinicial = 10.000 *kPa* (100 *bar*)

Fórmula Marioff: 1º)

$$Q_{bico1} = \frac{k \times \sqrt{P_{min}}}{10} = \frac{0,25 \times \sqrt{10.000}}{10} = 2,5 \text{ l/min}$$

$$Q_{ant} = 0$$

$$Q_{acum} = Q_{bico1} + Q_{ant} = 2,5 + 0 = 2,5 \text{ l/min}$$

$$dm = 13 \text{ mm}$$

Sendo: **Q_{bico1}**= Vazão no bico 1 (o bico aspersor mais desfavorável)

Q_{ant}= Vazão no bico anterior

Q_{acum}= Vazão acumulada

dm= Diâmetro da Tubulação

Fórmula Marioff: 2º)

Em virtude da perda de carga observada e recomendada pela NFPA 750 (2015) será adotada na rotina de cálculo a perda de carga unitária por Hazen-Williams a seguir:

$$J_{1-2} = 605 \left(\frac{Q_{acum}^{1,85}}{dm^{4,87}} \right) \times 10^5 = 605 \left(\frac{2,5^{1,85}}{150^{1,85} \times 13^{4,87}} \right) \times 10^5$$

$$J_{1-2} = 0,12 \text{ kPa/m}$$

Sendo: **J₁₋₂** = A perda de carga entre os pontos no trecho 1-2 do ramal A (Marioff).

Fórmula Marioff: 3º)

$$C_T = C_T + C_P = 0,8 + 1,1 = 1,9 \text{ m}$$

Sendo: **C_T**= Comprimento Total da tubulação no ramal

C_T= Comprimento do Trecho da tubulação no ramal

C_P= Comprimento Equivalente da tubulação no trecho do ramal

Fórmula Marioff: 4º)

$$hf = C_T + J_{1-2} = 1,9 \times 0,17 = 0,33 \text{ kPa}$$

$$hg = 0$$

$$ht = hf + hg = 0,33 + 0 = 0,33 \text{ kPa}$$

$$P_{final} = P_{final} + hf = 10.000 + 0,33 = 10.000,33 \text{ kPa}$$

Sendo P_{final} = Pressão final, hg = Pressão estática no trecho, hf = Pressão dinâmica no trecho, ht = Pressão total no trecho

Fórmula Marioff: 5º)

$$v = \left(\frac{Q_{acum}}{Atub} \right) = \frac{Q_{acum}}{\pi(dm/2)^2} = \left(\frac{2,5 \text{ l/min}}{\pi(13/2)^2} \right) = \frac{\left(\frac{2,5}{6000} \right) m^3/s}{(\pi(12/2000)^2) m^2/s}$$

$$v = 0,63 \text{ m/s}$$

Sendo v = velocidade do agente extintor na tubulação e $Atub$ = Área da tubulação

Na figura 35 são apresentados os parâmetros necessários que foram utilizados para execução da rotina de cálculo do fabricante *Marioff*:

Classific.	Risco	Tipo Bico	Temp. Operação	D. Nomi.(mm)	Fator K	Vazao Bico(l/min)	A. Pav.(m2)
Escritorio	Leve	Pendente SR	68°C	13-19	0,25	2,50	930
A. Op. (m2)	Densid. (l/min.m2)	Qta. de bicos	Qtota(l/min)	Pnomin(kPa)	Tubulação	(C) Hazen-Williams	
465	4,1 l/min.m2	36	90,15	10.000	Aço Inox	150	

Figura 35: Parâmetros necessários para execução dos cálculos Fabricante Marioff

Fonte: Elaborada pelo autor.

Na figura 36 apresenta-se a planilha final de rotina de cálculo *Marioff*:

Trecho	P inicial (kPa)	Q (l/min)		Tubulação		Compr. total(m)	J (kPa/m)	P. Dinâmica	P. Total	Veloc.
		Bicos Asper.	Acumulada	D(mm)	Compri. Eq			(kPa)	(kPa)	(m/s)
1 - 2	10000,00	2,50	5,00	13	1,3	6,08	0,12	0,71	10000,71	0,63
2 - 3	10000,71	2,50	7,50	13	1	5,78	0,89	5,15	10005,86	0,94
3 - 4	10005,86	2,50	10,00	13	1	5,78	1,52	8,77	10014,63	1,26
4 - 5	10014,63	2,50	12,50	13	1	5,78	2,29	13,26	10027,89	1,57
5 - 6	10027,89	2,50	15,01	13	1	5,78	3,21	18,58	10046,47	1,88
6 - 7	10046,47	2,51	17,51	13	1	5,78	4,28	24,73	10071,20	2,20
7 - 8	10071,20	2,51	20,02	13	1	5,78	5,48	31,68	10102,88	2,51
8A - T	10102,88	0,00	40,04	13	1,3	4,61	5,48	25,27	10128,14	2,51
T - S	10106,39	0,00	60,07	19	0	3,06	6,59	29,39	10135,78	3,53
S - R	10135,78	0,00	90,15	19	0	4,46	13,97	62,29	10409,37	5,30
R - Q	10409,37	0,00	90,15	19	1,2	22,2	13,97	310,07	10719,44	5,30

Figura 36: Planilha final de execução dos cálculos (Marioff Corporation).

Fonte: Elaborada pelo Autor.

Este método de rotina de dimensionamento aplicado ao fabricante **Marioff Corporation**, que foi projetado a instalação de 36 bicos aspersores e tubulações de diâmetros apropriados da tecnologia *Water Mist* conforme anexo F, culminou no resultado de uma vazão calculada de $90,15\text{l/min}$, *resultando* em uma RTI de $2.704,4\text{l/30min}$ para um ambiente protegido por uma (1)VGA.

Considerando que o risco da edificação comercial é classificado como leve pelo CBMERJ e ABNT, além disso o tempo mínimo de operação contínua estabelecido para este tipo de sistema preconizado pela NFPA 750 (2015) é de 30 minutos, logo demanda de RTI para área total do pavimento será de $5.408,7\text{l/30min}$, em razão de que há em cada pavimento duas (2) VGAs.

6

Conclusão

Apesar dos avanços e inovações tecnológicas em projetos da construção civil ao redor do mundo na área de SCI, nota-se que estes avanços, no Brasil, não se evoluem paralelamente às atualizações de normas/códigos e que, conseqüentemente não contribui na disseminação de boas práticas de gestão, nem a otimização da relação custo-benefício conectados aos projetos de combate contra incêndio e, em geral isso representa que estes regulamentos interferem de maneira relevante quanto a tomadas de decisões e na liberdade projetual, que culminam em soluções uniformes e as vezes inflexíveis.

Cumpre-se observar ao longo do presente trabalho, que o tradicional sistema de chuveiros automáticos (*Sprinklers*) quando comparado a Tecnologia de Água Nebulizada (*Water Mist*), torna-se preliminarmente a solução mais conveniente de proteção contra incêndio, pois trata-se de um sistema de proteção ativa que se utiliza do agente extintor água, principalmente pelo viés econômico visto o seu baixo custo de projeto além de ser um sistema automático de combate a incêndio mais conhecido e usual para as edificações. Entretanto quando se desenvolve um projeto de sistemas automáticos de combate a incêndio deve ter como premissa, um tipo de sistema apropriado ao risco que se pretende proteger e, com isso, alguns fatores preponderantes devem ser avaliados: O próprio sistema de combate a incêndio, as características construtivas da edificação, a classe de risco da edificação, os meios de abastecimentos de água.

Conforme descrição dos capítulos anteriores o aspecto funcional do sistema tradicional de chuveiros automáticos (*Sprinklers*), ganha destaque, visto que este se baseia na descarga automática de água através dos chuveiros predominantemente sob a forma de grandes gotas e assim sendo, por lógica operacional exigem um volume maior d'água, maior espaço reservado aos componentes dedicado a este sistema quando comparado a tecnologia de Água Nebulizada (*Water Mist*).

Dessa maneira, em edificações onde detém bens valores inestimáveis para uma cidade, país, bem como para a humanidade, projetos como, por exemplo: museus, galerias de artes, catedrais, bibliotecas, edifícios históricos e etc o emprego alternativo da tecnologia de Água Nebulizada (*Water Mist*) aponta-se como uma referência adequada, desde o projeto conceitual, para o combate a incêndio, mesmo que haja uma automática justificada preocupação no desenvolvimento do projeto das edificações quanto a eficiência desta tecnologia.

Como pontos favoráveis para a utilização da tecnologia de Água Nebulizada (*Water Mist*) notou-se: a menor fração de volume de água utilizada, menor dano possível causado pela nebulização d'água a bens valiosos e/ou “inestimáveis”, menor espaço que são reservados aos elementos que estruturam toda a engenharia sistêmica além disso criando um ambiente seguro na salvaguarda de pessoas, o menor impacto o processo produtivo dentro do ambiente protegido (MRAZEK M.; JIŘÍ, Z.; MARTIN, C; 2010 e Tomar, M.S. (2016))

Cada projeto em edificações detém particularidades técnicas/sistêmicas que exigem cada vez mais uma capacidade funcional útil ao longo prazo do projeto além da consideração das economias de custo. Dessa forma a tecnologia *Water Mist* permite que todos os envolvidos desde da elaboração do projeto, tais como donos do empreendimento, autoridades com competência jurisdicional, arquitetos, projetistas e usuários finais determinar uma abordagem mais vantajosa para o cumprimento dos regulamentos vigentes, sempre considerando empregar elementos de segurança contra incêndio em edificações que consiste em ofertar um nível de proteção apropriado com o menor impacto global possível ao ambiente protegido, percebendo que nesse contexto observou-se lacunas com relação às normas/regulamentos de segurança contra incêndio para o emprego desta tecnologia nos projetos de edificações em geral.

Para o estudo de caso em questão foi dimensionado hipoteticamente a tecnologia de Água Nebulizada (*Water Mist*) como uma alternativa ao sistema existente *Sprinkler* na mesma área protegida, que foi executado através de cálculos utilizando-se os dados de dois fabricantes, em razão de serem conceituados e reconhecidos globalmente na área de incêndio.

O fabricante **SEM-SAFE Danfoss** possui uma lista de certificação com sua aprovação certificada pela DNV conforme testes de protocolo recomendado pela NFPA 750 enquanto o fabricante **Marioff Corporation** possui a sua aprovação por laboratórios de teste europeus e também “papers” existentes ratificando a excelência desse fornecedor.

Nota-se então que o fator de descarga (k) é preponderante e um ponto chave da tecnologia no aspecto de eficiência quanto a reserva mínima de água. Sendo que a vazão total acumulada está diretamente ligada ao fator de descarga e, quanto menor for menor será a reserva de água destinada ao combate ao incêndio, contribuindo assim para uma saliente redução do volume da RTI da edificação.

Na tabela 18 são apresenta-se os valores dos volumes obtidos para o sistema de chuveiros automáticos existente e a tecnologia *Water Mist* com os respectivos bicos aspersores dos fabricantes: **SEM-SAFE Danfoss e Marioff Corporation**.

Tabela 18: RTI encontrados em todos os sistemas.

RESERVA TÉCNICA DE INCÊNDIO	
SISTEMA	VOLUME (Litros / 30min)
<i>SPRINKLER</i>	120.000
<i>WATER MIST – SEM SAFE</i>	40.561,7
<i>WATER MIST – MARIOFF</i>	5.408,8

Fonte: Elaborada pelo autor.

Quando comparado em termos de percentuais do volume do RTI projetado para o sistema de chuveiro automático (*Sprinkler*), em relação ao volume da RTI do fabricante **SEM SAFE Danfoss** obtém-se redução de 67% e quando comparado ao fabricante **Marioff Corporation** obtém-se 95% em relação ao RTI do *Sprinkler*.

Portanto através do presente trabalho foi possível apresentar a tecnologia de Água de Nebulizada (*Water Mist*), como uma alternativa para projetos em edificações em casos específicos, observado a sua comparação com o sistema de chuveiros automáticos (*Sprinklers*) seja nos aspectos simplificados de custos descrito em item anterior, no qual apresentou um resultado de viabilidade razoável

para a implementação da tecnologia nesse ponto de vista, seja devido as suas peculiaridades de atuação na extinção do incêndio que mostrou-se profícuo em alguns tipos de edificações/atividade provocado pelo menor dano causado com um menor volume de água aspergido no momento de operação bem como um menor volume de RTI quando comparado ao sistema de chuveiros automáticos (*Sprinkler*) notadamente observados com os resultados alcançados no dimensionamento do estudo de caso.

6.1.

Propostas de trabalhos futuros

Ao fim deste presente estudo de caso surgem também alguns cenários relevantes e oportunos que direcionam para pesquisas de trabalhos futuros em:

- Implementação de normas técnicas nacionais que abranjam requisitos mínimos de projeto nas edificações sobre a tecnologia de Água Nebulizada (*Water Mist*);
- Viabilizar uma análise de custo-benefício em projetos de engenharia em SCI ou até mesmo um “retrofits” da tecnologia de Água Nebulizada (*Water Mist*);

A instalação de mangotinhos, mangueiras e canhões monitores adotando a tecnologia *Water Mist* no Brasil.

7

Referências bibliográficas

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, ABNT NBR 12.693: **Sistemas de proteção por extintor de incêndio**, Rio de Janeiro, 2013.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, ABNT NBR 10.897: **Sistemas de proteção contra incêndio por chuveiros automáticos-Requisitos**, Rio de Janeiro, 2014.

Associação Portuguesa de Segurança Eletrônica e de Proteção de Incêndio-APSEI, Ficha Técnica nº30, **SISTEMAS FIXOS DE EXTINÇÃO AUTOMÁTICA POR ÁGUA NEBULIZADA**, Lisboa 2009.

BAFSA, **British Automatic Fire Sprinkler Association; Technical Guidance Note**. No. 3; Watermist Systems; 2012.

BRENTANO, Telmo; **Instalações Hidráulicas de combate a incêndio nas edificações**. 5ª (edição atual); Porto Alegre; 2016.

BRYAN, J.L. **Automatic Sprinkler & Standpipe Systems**. National Fire Protection Association, U.S.A., 1976. 402p.

COSTA NETO, F.P. **Sistema de combate a incêndio utilizando a tecnologia de água nebulizada (water mist) em Instalações offshore**, Niterói, 2008.

CLAPP, J.; DAUVERGNE, P. **Paths to a Green World: The Political Economy of the Global Environment - Caminhos para um Mundo Verde: A Economia Política do Meio Ambiente Global**. Cambridge, MA: MIT Press, 2005.

CLARET, A. M.; MATTEDI, D. L.; **Estudo da prescritividade das normas técnicas brasileiras de segurança contra incêndio**, Ouro Preto-MG, 2011.

CUNHA JUNIOR, N.B. **Certificação verde no setor da construção civil: os benefícios da implementação da gestão e uso eficiente da água**, Florianópolis, 2012.

FM Approvals, **Understanding the Benefit FM Approved Water Mist Systems**, USA, 2010.

GOMES, A.G. **Sistema de Prevenção Contra Incêndio: Sistemas hidráulicos, Sistemas Sob Comando, Rede de Sistema Automático**. Rio de Janeiro: Interciência, 1998.

I.P.F. **Water Mist for The Protection Of Shipboard Machinery Spaces**. Somerset, England. no. 7, August, 2001.

MARIOFF, HI. **FOG for Buildings, Technical introduction**, 2014.

MRAZEK M.; JIŘÍ, Z.; MARTIN, C. **Testing different methods of extinction (high pressure water mist, low pressure water mist sprinklers) character space museum depository**. Edition 01, Czech Republic: Technické muzeum v Brně, ISBN: 978-80-86413-59-4, 2009.

NATIONAL FIRE PROTECTION ASSOCIATION. NFPA 750: **Standard on Water mist Fire Protection Systems**. Ed. Quincy, Massachusetts, 2015.

_____. NFPA 2001 – **Standard on Clean Agent Fire Extinguishing Systems**, 2001.

_____. NFPA 13 – **Standard for the Installation of Sprinkler Systems**, 2016.

_____. NFPA 10 – **Portable Fire Extinguishers**, 2013.

ONO, Rosária. **Parâmetros para garantia da qualidade do projeto de segurança contra incêndios em edifícios altos**. Porto Alegre: Ambiente Construído. jan. 2007.

PIETREANU, C.M.; POPA, C.; PANAITESCU, V. **Researches regarding using sprinkler and water mist fire suppression systems in closed car parking spaces**, University Politehnica of Bucharest Romania, 2013.

SECCO, O. **Manual de Prevenção e Combate de Incêndios**. 3.ed. São Paulo, ABPA, 1982.

SEITO, et. al. **A Segurança Contra Incêndio no Brasil**. São Paulo: Projeto, 2008.

SILVA, G. Antônio da. **Gerenciamento de riscos de incêndios ativados por eletricidade em sítios históricos: estudos de casos em Ouro Preto – MG**, 2011.

SPE. **Handbook of Fire Protection Engineering**. Thirty Edition, LL, 2003.

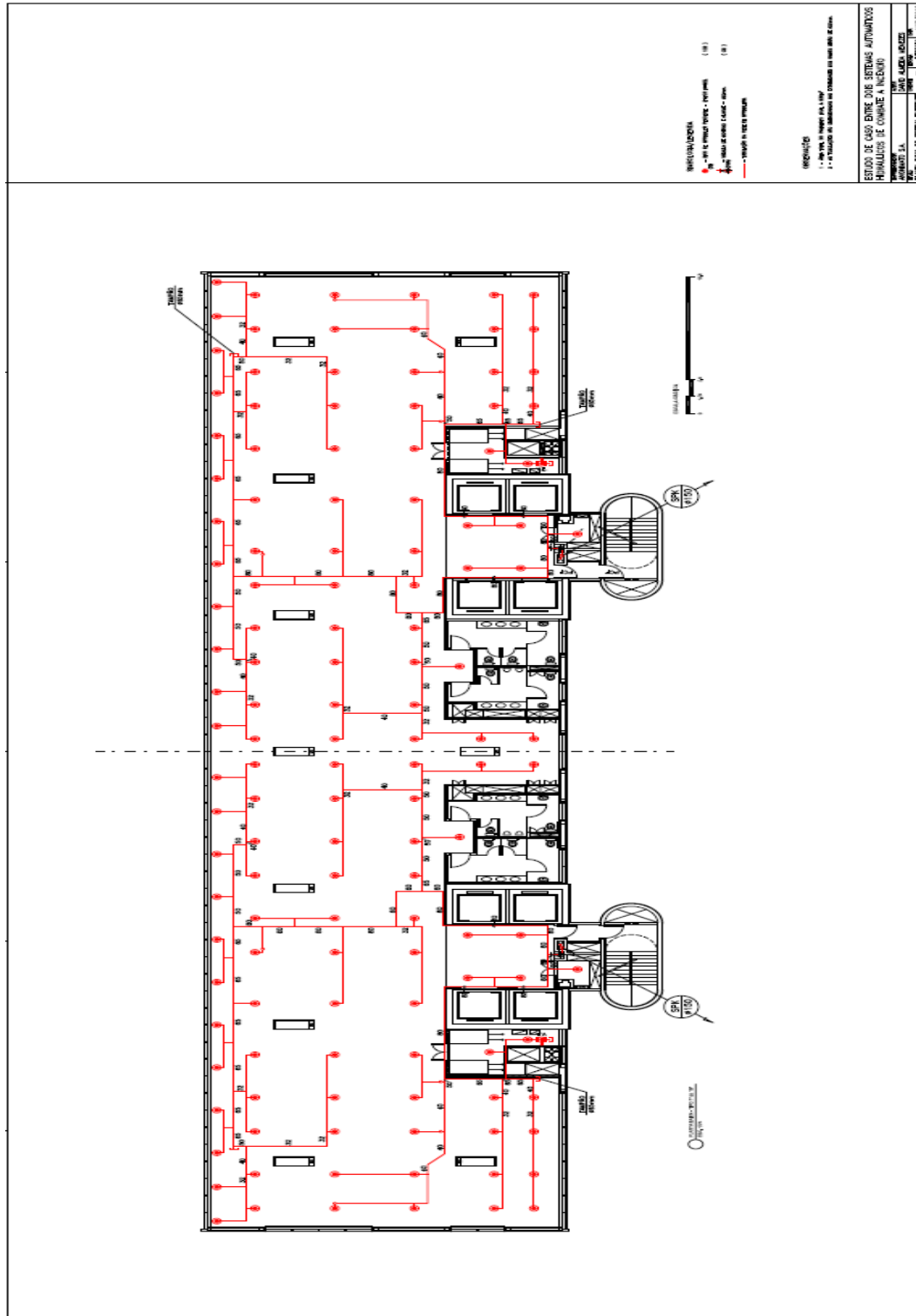
TOMAR, M.S. **Feasible fire protection solutions for long underground cable tunnel in UAE, A case study**. 2016.

TOMCO FOGEX, **Water Mist System, Design, Installation & Service Manual**, Ohio-USA, 2008.

UNITED NATIONS ENVIRONMENT PROGRAM, UNEP, **Assessment Report of the Halons Technical Options Committee**, Nairobi, 2010.

Anexos

Anexo A - Planta baixa do arranjo do sistema *Sprinklers* existente no pavimento.



Anexo B - Certificação do bico aspersor do fabricante SEM SAFE.



DET NORSKE VERITAS

EC TYPE-EXAMINATION CERTIFICATE

Application of: Council Directive 96/98/EC of 20 December 1996 on Marine Equipment as amended by directive 2002/75/EC, issued as "Forskrift om Skipsutstyr" by the Norwegian Maritime Directorate. This certificate is issued by Det Norske Veritas under the authority of the Government of the Kingdom of Norway.

CERTIFICATE NO. MED-B-5046
This Certificate consists of 5 pages

This is to certify that the product
Fixed water based local application fire fighting systems
components for use in category "A" machinery spaces

with the type designation(s)
SEM-SAFE

Manufactured by
Danfoss Semco A/S Fire Protection
Odense S, Denmark

is found to comply with the requirements in the following Regulations/Standards:
 Annex A.1, item No. A.1/3.48 and Annex B, Module B in Directive. SOLAS 74 as amended
 Regulation II-2/1.2.2.4, II-2/10.5.6 & X/3 and 2000 HSC Code 7.7.3.2.1.

Further details of the product and conditions for certification are given overleaf.

Place and date
 Høvik, 2009-01-27
 For DET NORSKE VERITAS AS



Eivind Mykland
 Manager, MNBNA840
 Maritime Approval Centre Norway



Notified Body No. 0575

This Certificate is valid until
 2014-01-26



Anders Tossevik
 Surveyor

DNV local office:
DNV Fredericia



Notice: The certificate is subject to terms and conditions overleaf. Any significant changes in design or construction of the product, or amendments to the Directive or Standards referenced above may render this certificate invalid. The product liability rests with the manufacturer or his representative in accordance with Council Directive 96/98/EC, as amended.
 The Mark of Conformity may only be affixed to the product and a Declaration of Conformity may only be issued when the production/product assessment module referred to in the council directive, is fully complied with.

If any person suffers loss or damage which is proved to have been caused by any negligent act or omission of Det Norske Veritas, then Det Norske Veritas shall pay compensation to such person for his proved direct loss or damage. However, the compensation shall not exceed an amount equal to ten times the fee charged for the service in question, provided that the maximum compensation shall never exceed USD 2 million. In this provision "Det Norske Veritas" shall mean the Det Norske Veritas as well as all its subsidiaries, divisions, offices, employees, agents and any other acting on behalf of Det Norske Veritas.

DET NORSKE VERITAS AS
VERITASVEIEN 1, 1322 HØVIK, NORWAY
TEL: (+47) 67 57 89 00
FAX: (+47) 67 57 89 11

Page 1 of 5



Cert. No.: MED-B-5046
Job Id.: 344.1-001731
File No.: A.1/3.48

Product description

"SEM-SAFE", is a water mist system, composed of spray heads, stainless steel piping, manual or automatic section valves, strainers, control systems and electrically driven pumps.

The system is to be designed according to principal requirements for the system, IMO MSC/Circ. 913 and SOLAS Ch.II-2, Reg.10.5.6. Only the spray heads are type approved by this certificate. Pumps, pipes, couplings, valves and other systems components are subject to case by case approval.

The spray heads are manufactured by Danfoss-Seimco, Odense, Denmark.

Applications/Limitations

The spray heads are to be installed above the protected objects according to the following specifications:

Alternative 1: high levels - 100 bar	
Maximum horizontal spacing:	4.0 m
Minimum vertical distance from object:	1.9 m
Maximum vertical distance from object:	10.6 m
Minimum operation pressure:	100 bar (at spray heads)
Spray head type:	7-01-56-5-19-00
K-factor, spray head (using $Q = k \times p^{1/2}$):	1.87
Drawing, spray head	DL1: 7-01-56-5-19-00
Spray heads are to cover the area out to the periphery of the protected object.	
The spray heads are to be installed in a pendant (downward) position.	
Single spray heads or single rows are accepted when half spacing is used.	

Alternative 2: low levels - 100 bar	
Maximum horizontal spacing:	4.0 m
Minimum vertical distance from object:	1.0 m
Maximum vertical distance from object:	3.0 m
Minimum operation pressure:	100 bar (at spray heads)
Spray head type:	7-01-56-5-12-00
K-factor, spray head (using $Q = k \times p^{1/2}$):	1.19
Drawing, spray head	DL1: 7-01-56-5-12-00
Spray heads are to cover the area out to the periphery of the protected object.	
The spray heads are to be installed in a pendant (downward) position.	
Single spray heads or single rows are accepted when half spacing is used.	



Cert. No.: MED-B-5046
 Job Id.: 344.1-001731
 File No.: A.1/3.48

Alternative 3: low levels - 80 bar	
Maximum horizontal spacing:	3.5 m
Minimum vertical distance from object:	1.5 m
Maximum vertical distance from object:	3.0 m
Minimum operation pressure:	80 bar (at spray heads)
Spray head type:	7-01-56-5-12-00
K-factor, spray head (using $Q = k \times p^{1/2}$):	1.19
Drawing, spray head	DL1: 7-01-56-5-12-00
Spray heads are to cover the area out to the periphery of the protected object. The spray heads are to be installed in a pendant (downward) position. Single spray heads or single rows are accepted when half spacing is used.	

Alternative 4: low levels - 80 bar	
Maximum horizontal spacing:	3.0 m
Minimum vertical distance from object:	1.5 m
Maximum vertical distance from object:	3.0 m
Minimum operation pressure:	80 bar (at spray heads)
Spray head type:	7-01-48-4-17-00
K-factor, spray head (using $Q = k \times p^{1/2}$):	1.34
Drawing, spray head	DL1: 7-01-48-4-17-00
Spray heads are to cover the area out to the periphery of the protected object. The spray heads are to be installed in a pendant (downward) position. Single spray heads or single rows are accepted when half spacing is used.	

For all systems

1. Spray heads are made of stainless steel (AISI 304) and the maximum operating pressure is 140 bar.
2. Only stainless steel piping is to be applied and a system filter shall be provided for each pump unit (to avoid clogging of spray heads).
3. Turbo machinery should also be covered by the system but with gentle application of water. Essential electrical equipment and air intakes should preferably not be directly exposed to the water discharge. Electrical equipment as per DNV rules (Pt.4 Ch.8 Sec.10, Table B1) shall be applied for new buildings.
4. The pump(s) or the pump unit is to be delivered with a DNV product certificate whereas other system components are to be inspected in accordance with the DNV Rules. Alternative standards accepted by the Flag Administration can be applied.
5. The pump unit and section valves shall be installed in a room having ambient temperature between +4 degree C and +45 degree C.



Cert. No.: MED-B-5046
 Job Id.: 344.1-001731
 File No.: A.1/3.48

The following documents are to be approved and filed by the Flag State Administration:

- System arrangement plans including location of spray heads, sections valves, release stations and pump-unit (including water supply specifications)
- Documentation of power supply and control system
- Specification of pipes, electrical motor, valves, pumps and associated components.
- Pressure drop calculations and water capacity calculations
- Arrangement of interface to fire detection and alarm system (where applicable)
- Manual with operating, test and maintenance instructions

Installation testing:

- A 30 seconds water mist discharge is to be carried out for at least one section
- Testing of alarms (SOLAS Ch. II-2, Reg. 10.5.6.4)
- Cleaning according to Semco-Safe installation procedure
- Pressure testing of water pipe system to at least 1,5 times maximum working pressure
- Testing of automatic start of system (in case of unattended machinery spaces)
- Other tests according to type approval manual

Periodical testing:

- Periodical control and inspection to be in accordance with type approval manual

Type Examination documentation

Semco Maritime Type Approval Documentation – Local Application Systems (LA Design Manual), November 2000

Fire Performance Test Report:

STF22 F00832, July 2000 SINTEF, Norway

NBL10 F02126, September 2002 SINTEF, Norway

Component testing of water mist nozzles:

DNV Report no. 97-1069, rev. 06, Sept 1998, DNV, Norway

DNV Report no. 2000-1237, rev.1, August 2000, DNV, Norway

Full-scale test with engines running:

Semco report, February 2002.

Tested according to IMO MSC/Circ. 913 (fire tests) and relevant part of IMO Circ. 668/728 (component tests).

Marking of product

The spray head is to be marked with type designation whereas pump / control unit is to be marked with name of manufacturer and type designation

Anexo C - Certificação do bico aspersor do fabricante *Marioff*.

