



Universidade Federal de Ouro Preto
Escola de Minas
CECAU - Colegiado do Curso de
Engenharia de Controle e Automação



Gabriel Marques Monteiro

Sistemas de prevenção e segurança contra incêndio

Monografia de Graduação em Engenharia de Controle e
Automação

Ouro Preto, 2022

Gabriel Marques Monteiro

Sistemas de prevenção e segurança contra incêndio

Trabalho apresentado ao Colegiado do Curso de Engenharia de Controle e Automação da Universidade Federal de Ouro Preto como parte dos requisitos para a obtenção do Grau de Engenheiro de Controle e Automação.

Universidade Federal de Ouro Preto

Orientador: Prof. D.Sc. Karla Boaventura Pimenta Palmieri

Ouro Preto

2022

SISBIN - SISTEMA DE BIBLIOTECAS E INFORMAÇÃO

M775s Monteiro, Gabriel Marques.
Sistemas de prevenção e segurança contra incêndio. [manuscrito] /
Gabriel Marques Monteiro. - 2022.
36 f.: il.: color., gráf., tab..

Orientadora: Profa. Dra. Karla Boaventura Pimenta Palmieri.
Monografia (Bacharelado). Universidade Federal de Ouro Preto.
Escola de Minas. Graduação em Engenharia de Controle e Automação .

1. Incêndios. 2. Prevenção de incêndios - Sistema de detecção e
alarme. 3. Prevenção de incêndios - Segurança. 4. Prevenção de
incêndios - Chuveiro automático. I. Palmieri, Karla Boaventura Pimenta. II.
Universidade Federal de Ouro Preto. III. Título.

CDU 681.5

Bibliotecário(a) Responsável: Maristela Sanches Lima Mesquita - CRB-1716



FOLHA DE APROVAÇÃO

Gabriel Marques Monteiro

Sistemas de prevenção e segurança contra incêndio

Monografia apresentada ao Curso de Engenharia de Controle e Automação da Universidade Federal de Ouro Preto como requisito parcial para obtenção do título de Engenheiro

Aprovada em 06 de outubro de 2022

Membros da banca

D.Sc. - Karla Boaventura Pimenta Palmieri - Orientador(a) - Universidade Federal de Ouro Preto

D.Sc. - Adrielle de Carvalho Santana - Universidade Federal de Ouro Preto

M. Sc. - Fernando dos Santos Alves Fernandes - Universidade Federal de Ouro Preto

Karla Boaventura Pimenta Palmieri, orientador do trabalho, aprovou a versão final e autorizou seu depósito na Biblioteca Digital de Trabalhos de Conclusão de Curso da UFOP em 11/10/2022



Documento assinado eletronicamente por **Karla Boaventura Pimenta Palmieri, PROFESSOR DE MAGISTERIO SUPERIOR**, em 11/10/2022, às 13:20, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site http://sei.ufop.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0, informando o código verificador **0410950** e o código CRC **3DD6FD06**.

AGRADECIMENTOS

Agradeço à minha família, meu pai Antônio, minha mãe Iromar, por terem me auxiliado e incentivado a traçar este caminho, sem eles eu não teria chegado até aqui. Ao meu irmão Lucas por estar ao meu lado, buscando me motivar sempre. Agradeço a todos tios, tias, primos e primas da família Batista e família Marques pelo apoio e carinho.

À Universidade Federal de Ouro Preto e aos professores do departamento de Engenharia de Controle e Automação pelos ensinamentos e aprendizagem, fundamentais no meu desenvolvimento acadêmico.

À empresa Somitec, pelo processo de estágio, que me proporcionou experiência e contribuiu para o meu desenvolvimento profissional.

Aos meus grandes amigos com quem compartilhei ótimos momentos em Ouro Preto: Brisa, Pomba, James, Dudu, Peret, Jão, Fael, Alcione, Bidas, Mauricio, Roliço, além de todos colegas deste e outros cursos de graduação da UFOP.

Agradeço à professora Karla, por me orientar durante a realização deste trabalho.

“O homem não teria alcançado o possível se, repetidas vezes, não tivesse tentado o impossível.” (Max Weber)

RESUMO

O incêndio é uma realidade que deve ser sempre considerada diante de sua potencialidade destrutiva. Medidas preventivas devem ser sempre estimuladas e aperfeiçoadas, daí a necessidade de um sistema adequado na coleta de seus dados, procurando conhecer melhor esse trágico evento, compreendendo o motivo, como e onde ocorrem os incêndios. Este trabalho busca apresentar o sistema de detecção e alarme de incêndio (SDAI) devido a sua grande importância, pois possui a função de propiciar a identificação imediata da fase inicial de incêndios, necessitando ser inteligente e sensível para que possa operar de forma segura e integrada à equipe de segurança e corpo de bombeiros do estabelecimento a ser protegido. O SDAI é composto por diversos equipamentos, dentre eles, a central de alarme e detecção, detectores de fumaça, detectores de gás, acionadores manuais, sinalizadores (visuais e/ou sonoros) e módulos de monitoramento. Adicionalmente, serão apresentados os sistemas de chuveiros automáticos e sistema de proteção contra incêndios em cozinhas, visto que são capazes de extinguir um incêndio estrutural de maneira autônoma, evitando a propagação das chamas em um edifício, a fim de reduzir a probabilidade de fatalidades.

Palavras-chaves: Incêndio; SDAI; Segurança; Chuveiros Automáticos; Alarme.

ABSTRACT

Fire is a reality that must always be considered because of its destructive potential. Preventive measures must always be encouraged and improved, hence the need for an adequate system to collect data, seeking to better understand this tragic event, understanding the reason, how and where fires occur. The Fire Alarm System (FAS) is a system of great importance, as it has the function of providing the immediate identification of the initial phase of fires, needing to be intelligent and sensitive so that it can operate in a safe and integrated way to the security team and fire department of the establishment to be protected. The Fire Alarm System is composed of several devices, including the alarm and detection center, smoke detectors, gas detectors, manual call points, buzzers (visual and/or audible) and monitoring modules. Additionally, the sprinkler system has its due value, as it is possible to extinguish a structural fire autonomously, preventing the spread of flames in a building, in order to reduce the probability of fatalities.

Key-words: Fire; FAS; Safety; Sprinkler; Alarm.

Lista de ilustrações

Figura 1 – Incêndios estruturais noticiados no Brasil	13
Figura 2 – Tetraedro do fogo	16
Figura 3 – Classes de incêndio	20
Figura 4 – Tipos de <i>sprinklers</i>	23
Figura 5 – Classificação dos elementos termossensíveis de acordo com temperatura	24
Figura 6 – Componentes de um sistema de chuveiros automáticos	25
Figura 7 – Sistema VELOZ	26
Figura 8 – Circuito Classe A	27
Figura 9 – Circuito Classe B	28
Figura 10 – Central de detecção e alarme	29
Figura 11 – Detector de fumaça pontual	30
Figura 12 – Detector de fumaça linear	30
Figura 13 – Representação de um detector de temperatura fixa	31
Figura 14 – Detector de chama	31
Figura 15 – Acionador manual	32
Figura 16 – Sinalizador de emergência	32
Figura 17 – Módulo de entrada e saída	33

Lista de tabelas

Tabela 1 – Condições para a combustão	18
Tabela 2 – Formas de transmissão de calor	18
Tabela 3 – Classes de incêndio	19

Lista de abreviaturas e siglas

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
SCI	Segurança Contra Incêndio
SDAI	Sistema de Detecção e Alarme de Incêndio
ISB	Instituto Sprinkler Brasil
ISO	International Organization for Standardization
NFPA	National Fire Protection Association
LIE	Limite inferior de explosividade
LSE	Limite superior de explosividade

Sumário

1	INTRODUÇÃO	12
1.1	Objetivos	13
1.1.1	Objetivo Geral	13
1.1.2	Objetivos específicos	13
1.2	Justificativa do trabalho	14
1.3	Estrutura do trabalho	14
2	REVISÃO DA LITERATURA	15
2.1	O Fogo, o incêndio e suas características	15
2.1.1	Combustível	16
2.1.2	Comburente	18
2.1.3	Calor	18
2.1.4	Reação em cadeia	19
2.2	Classes de incêndio e extintores portáteis	19
3	DESENVOLVIMENTO	22
3.1	O sistema de chuveiros automáticos	22
3.2	O sistema VELOZ - Proteção contra incêndios em cozinhas	25
3.3	SDAI - Sistema de detecção e alarme de incêndio	26
3.3.1	Circuitos de detecção	27
3.3.2	Tipos de sistemas de detecção	28
3.3.2.1	Sistema convencional	28
3.3.2.2	Sistema endereçável	28
3.3.2.3	Sistema algorítmico	29
3.3.3	Componentes do sistema	29
4	CONCLUSÃO	34
	REFERÊNCIAS	35

1 INTRODUÇÃO

Casos trágicos de incêndios em edificações ocorrem desde a Idade Antiga, como por exemplo o grande incêndio na biblioteca de Alexandria (48 a.C.), causando perdas de conhecimento incalculáveis, até os dias de hoje, tais como o caso da boate Kiss (2013), o incêndio na Catedral de Notre-Dame em Paris (2019), e mais recentemente no hospital Santa Casa de Belo Horizonte, em junho de 2022, dentre outros acontecimentos similares que ocorreram infelizmente devido sobretudo ao desconhecimento dos reais riscos de incêndio e o descaso na adoção de medidas de segurança.

Grandes incêndios sempre fizeram parte da história da humanidade, e é muito curioso ouvir, dentro dos relatos das tragédias, informações como “um extintor de incêndio não funcionou”, “havia mais público do que a capacidade”, “o local sinistrado não tinha saída de emergência”, “o alvará fornecido pelos bombeiros estava vencido” etc. De tudo que é ouvido e investigado nesses sinistros, uma grande verdade surge: em quase todas as situações, o incêndio ou poderia ter sido evitado ou poderia ter seus danos severamente diminuídos (ALMEIDA, 2017).

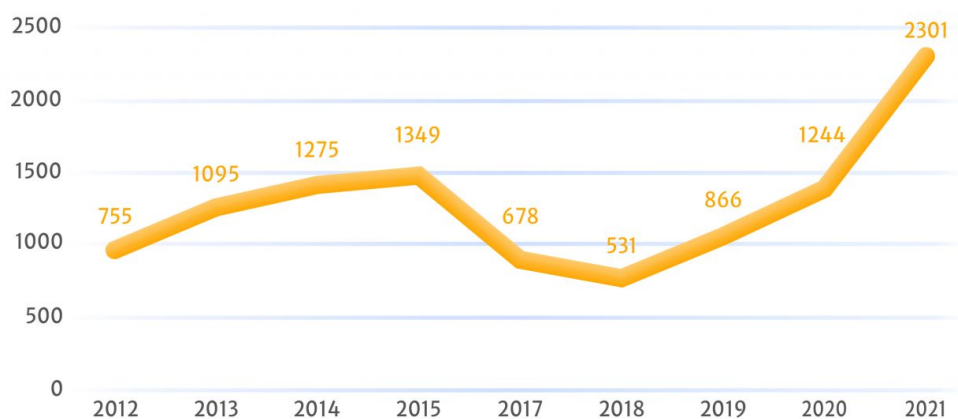
De acordo com dados divulgados pela *National Fire Protection Association* (NFPA), houveram 490.500 casos de incêndios reportados em edificações nos Estados Unidos no ano de 2020, totalizando mais de 12 bilhões de dolares em prejuízos em propriedades e bens materiais. A NFPA destaca que os estabelecimentos onde mais ocorrem fatalidades são as casas noturnas, devido à grande concentração de pessoas em um mesmo ambiente.

Já no Brasil, não existe um órgão oficial que contabiliza e registra os casos de incêndios. Entretanto, há o Instituto Sprinkler Brasil (ISB), uma organização sem fins lucrativos dedicada à divulgação de informações relativas ao combate a incêndios por meio da utilização de chuveiros automáticos (*sprinklers*).

Desde a sua criação em 2012, o ISB monitora os casos de incêndios estruturais divulgados pela mídia, conforme ilustrado na Figura 1. Em decorrência da falta de uma organização oficial no Brasil de coleta de dados sobre incêndios, implica que a quantidade de casos apurados pelo instituto não condiz com a quantidade real de ocorrências.

Figura 1 – Incêndios estruturais noticiados no Brasil

NOTÍCIAS DE INCÊNDIOS ESTRUTURAIS POR ANO



Fonte: Instituto Sprinkler Brasil.

O presente trabalho visa apresentar o estudo sobre a segurança contra incêndio (SCI). Segundo [MARCONDES \(2017\)](#) compreende-se SCI como um conjunto de medidas para prevenção, detecção e combate de um incêndio e sua conseqüente contenção ou extinção, fazendo parte das medidas de segurança física a serem adotados num estabelecimento. A implantação da prevenção de incêndio se faz por meio das atividades que visam a evitar o surgimento do sinistro, possibilitar sua extinção e reduzir seus efeitos antes da chegada do corpo de bombeiros.

1.1 Objetivos

1.1.1 Objetivo Geral

O objetivo deste trabalho é analisar o fenômeno de incêndio e suas principais causas, apresentando os sistemas de prevenção e métodos de combate automáticos.

1.1.2 Objetivos específicos

- Explicar o funcionamento dos sistemas de chuveiros automáticos, de combate de incêndio em cozinhas e de detecção e alarme de incêndio;
- Detalhar sobre os equipamentos e dispositivos necessários em uma edificação para prevenção e controle das chamas em um possível caso de sinistro.

1.2 Justificativa do trabalho

A adoção de sistemas de *sprinklers* e de detecção e alarme de incêndio é de grande importância na prevenção de incêndios em edificações, o que reduz consideravelmente a probabilidade de que o início de um fogo não intencionado se transforme em uma tragédia. Para tal, o papel do engenheiro é fundamental para a execução de um projeto de proteção contra incêndios, de acordo com as normas técnicas vigentes.

1.3 Estrutura do trabalho

O presente trabalho está estruturado da seguinte maneira:

Capítulo 1: Introdução sobre o tema de proteção contra incêndios, apresentando os objetivos e justificativa do trabalho.

Capítulo 2: Revisão da bibliografia sobre a engenharia de segurança contra incêndio, buscando trazer definições de conceitos relativos ao incêndio.

Capítulo 3: Explicação sobre as características, funções e componentes dos sistemas de *sprinklers*, de proteção contra incêndio em cozinhas e de detecção e alarme de incêndio.

Capítulo 4: Elaboração da conclusão e sugestões para trabalhos futuros.

2 REVISÃO DA LITERATURA

2.1 O Fogo, o incêndio e suas características

A descoberta do fogo remonta do período neolítico, cerca de 7.000 a.C., quando o homem primitivo, que já conhecia o fenômeno gerado de forma espontânea, por meio da queda de raios, por exemplo, passou a dominá-lo, gerando o fogo a partir da fricção de pedras ou gravetos (FREITAS, 2021). Ao dominar essa entidade, foi possível se aquecer, proteger-se dos predadores e ainda cozinhar os alimentos. Como nenhuma outra criatura do planeta, o homem usa a seu favor um fenômeno natural para ajudar a vencer as dificuldades diárias. Com o fogo, a noite já não era mais tão perigosa, e diminuía a necessidade de se esconder ou lutar. Acredita-se que a descoberta de seu uso tenha agido diretamente sobre sua forma de pensar, pois permitiu mais tempo para reflexão (OLIVEIRA, s.d.).

Os primeiros homens, ao verem o fogo, fugiam por desconhecer sua natureza. Por falta de conhecimento de como combatê-lo, abandonavam o local, deixando que ele se expandisse e tomasse grandes proporções. Hoje, porém, o homem não precisa mais fugir, pois conhece o fogo como um fenômeno químico, tendo descoberto, a partir daí, como lutar contra ele, utilizando métodos e equipamentos adequados (BATISTA, 2021).

Apesar de ser um elemento de fácil visualização e identificação, não existe um consenso mundial para se definir o fogo. De acordo com ALMEIDA (2017), nos Estados Unidos, por exemplo, segundo a *National Fire Protection Association* (NFPA), fogo é a oxidação rápida autossustentada acompanhada da evolução variada da intensidade de calor e de luz. Já para a Norma Internacional 8421-1, ISO 8421-1(1987) *General Terms and Phenomena of Fire*, fogo é o processo de combustão caracterizado pela emissão de calor acompanhado pela fumaça ou chama ou ambos. Por sua vez, a Norma Brasileira, NBR 13860 Glossário de termos relacionados com a segurança contra incêndio, define que fogo é o processo de combustão caracterizado pela emissão de calor e luz.

Ainda segundo ALMEIDA (2017), o fogo pode ser definido como um fenômeno físico-químico que produz uma reação de oxidação com emissão de luz e calor. Já o incêndio é o fogo que foge ao controle do homem, queimando tudo aquilo que a ele não é destinado queimar, sendo capaz de produzir danos ao patrimônio e à vida por ação das chamas, do calor e da fumaça. O incêndio é o fogo em situações desproporcionais ou descontroladas, que destrói e pode causar prejuízos a vida, ao meio ambiente, à própria edificação e aos seus componentes. Exige a ação intensa de meios e equipamentos de proteção contra incêndio para o controle e a extinção.

Já para ARMANI (2019), para a existência do fogo, é necessário haver material

combustível, a presença de oxigênio associado a uma fonte de ignição. Entende-se por situação de fogo quando há o controle com relativa facilidade de um dos elementos presentes na reação, por meio de pequenas e rápidas ações, como extingui-lo com água e por meio de abafamento. Ou seja, anular a fonte ou o produto que está sendo queimado.

Conhecer os elementos do fogo é fundamental para entender o fenômeno que leva a sua existência e, conseqüentemente, poder controlá-lo, fazendo uso dos benefícios que ele pode nos oferecer, sem se expor aos riscos (FREITAS, 2021). Segundo ALMEIDA (2017) existem quatro elementos necessários para que se ocorra e mantenha o fenômeno do fogo: o combustível, o comburente, o agente ígnio (calor) e a reação em cadeia, conforme apresentado pela Figura 2. Este processo é conhecido como tetraedro do fogo,

Figura 2 – Tetraedro do fogo



Fonte: (FREITAS, 2021).

2.1.1 Combustível

De acordo com ALMEIDA (2017), combustível pode ser definido como qualquer substância capaz de produzir calor por meio da reação química. É toda substância capaz de queimar e alimentar a combustão. É o elemento que serve de campo de propagação do fogo. Os combustíveis podem ser sólidos, líquidos ou gasosos.

O combustível sólido, geralmente, quando exposto a um determinado nível de energia (calor ou radiação) sofre um processo de decomposição térmica, denominado pirólise, e desenvolvem produtos gasosos (gás e vapor), que, com o oxigênio do ar (comburente), forma a mistura inflamável (ou mistura explosiva). Essa mistura na presença de uma fonte de energia ativante (faísca, chama, centelha) se inflama. Caso o nível de energia incidente sobre o sólido seja o suficiente para manter a razão da pirólise para formar a mistura

inflamável, haverá a continuidade da combustão. Pós de material orgânico e de alguns metais estão sujeitos à combustão instantânea ou explosão, quando em suspensão no ar, portanto seu mecanismo não é a pirólise. Tais materiais são conhecidos como materiais pirofóricos, como por exemplo, magnésio (Mg), alumínio (Al), urânio (U), sódio (Na), potássio (K), lítio (Li), zircônio (Zr), cálcio (Ca), titânio (Ti) (SEITO, 2008).

Os líquidos inflamáveis possuem mecanismo semelhante, ao serem aquecidos, vaporizam-se e misturam-se com o oxigênio, formando a "mistura inflamável" (explosiva) que, na presença de uma pequena chama (fagulha ou centelha) ou em contato com uma superfície aquecida, ignifica-se, gerando a chama na superfície do líquido, a qual aumenta a vaporização e a chama. É interessante saber que a quantidade de chama fica limitada à capacidade de vaporização do líquido (ALMEIDA, 2017).

Segundo SEITO (2008), a taxa de evaporação dos líquidos é diretamente proporcional ao seu aquecimento, sendo uma propriedade intrínseca do líquido. Nos líquidos inflamáveis ou combustíveis, essa propriedade permite determinar os seus ponto de fulgor e ponto de combustão.

- **Ponto de fulgor** : “a menor temperatura em que ocorre um lampejo, provocado pela inflamação dos vapores da amostra, pela passagem de uma chama piloto.”
- **Ponto de combustão** : “a temperatura em que a amostra, após inflamar-se pela passagem da chama piloto, continua a queimar por cinco segundos, no mínimo” .

Assim como definido por BATISTA (2021), ponto de fulgor é a temperatura mínima necessária para que um combustível desprenda vapores ou gases inflamáveis, que, combinados com o oxigênio do ar em contato com a chama, começam a se queimar mas a chama não se mantém porque o gases produzidos são ainda insuficientes. Já o ponto de combustão é a temperatura mínima necessária para que um combustível desprenda vapores ou gases inflamáveis, que, combinados com o oxigênio ar e ao entrar em contato com uma chama, se inflamam; e, mesmo que se retire a chama, o fogo não se apaga, pois esse temperatura faz gerar, do combustível, vapores ou gases suficientes para manter o fogo ou a transformação em cadeia.

De acordo com SEITO (2008), o combustível gasoso, em contato com o oxigênio do ar forma a mistura inflamável (ou mistura explosiva), que na presença de uma energia ativante (faísca, chama, centelha) se inflama. A máxima proporção de gás, vapor ou pó no ar que torna a mistura explosiva é denominado limite superior de explosividade, identificada pela sigla LSE. A mínima proporção de gás, vapor ou pó no ar que torna a mistura explosiva é denominado limite inferior de explosividade, identificada pela sigla LIE. Existe, portanto, uma faixa limitada pelo LIE e LSE na qual ocorre a ignição da mistura.

2.1.2 Comburente

Com relação ao comburente, para [BATISTA \(2021\)](#), é o elemento ativador do fogo que dá vida às chamas. O comburente mais comum é o oxigênio, presente no ar atmosférico numa porcentagem de 21 %. De acordo com a Tabela 1, se o oxigênio estiver numa porcentagem próxima de 13 %, não haverá chamas, somente brasa. Sem o comburente não poderá haver fogo.

Tabela 1 – Condições para a combustão

De 0% a 8% de O ₂	não ocorre
De 8% a 13% de O ₂	lenta
De 13% a 21% de O ₂	viva

Fonte: ([BATISTA, 2021](#)).

2.1.3 Calor

Conforme discutido por [ALMEIDA \(2017\)](#), o calor é definido como uma forma de energia que se transfere de um corpo para outro em virtude da diferença de temperatura entre eles, e se distingue das outras formas de energia porque só se manifesta num processo de transferência. É o elemento que inicia a combustão, e é gerado pela transformação de outras formas de energia, tais como:

- energia química : quantidade de calor gerado pelo processo de combustão;
- energia elétrica : calor gerado pela passagem de eletricidade através de um condutor, como um fio elétrico ou um aparelho eletrodoméstico;
- energia mecânica : calor gerado pelo atrito de dois corpos;
- energia nuclear : calor gerado pela quebra ou fusão de átomos.

Segundo [FREITAS \(2021\)](#), é importante entender como o calor se propaga, pois é este o mecanismo que faz o fogo se propagar de um recinto para outro em um incêndio. Os meios de propagação do calor podem ser classificados de acordo com a Tabela 2 a seguir:

Tabela 2 – Formas de transmissão de calor

Condução	mecanismo onde a energia (calor) é transmitida por meio de material sólido.
Convecção	mecanismo onde a energia (calor) se transmite pela movimentação do meio fluido aquecido (líquido ou gás).
Radiação	mecanismo no qual a energia se transmite por ondas eletromagnéticas.

Fonte: ([SEITO, 2008](#)).

2.1.4 Reação em cadeia

Sobre o último elemento do tetraedro do fogo, a reação em cadeia é pontuada por [ALMEIDA \(2017\)](#) como o que torna a queima autossustentável. O calor irradiado das chamas atinge o combustível e é decomposto em partículas menores, que se combinam com o oxigênio e queimam, irradiando outra vez calor para o combustível, formando um ciclo. Adicionalmente, para [BATISTA \(2021\)](#) a reação em cadeia é uma sequência de reações que ocorre durante o fogo, produzindo sua própria energia de ativação (o calor) enquanto há comburente e combustível para queimar.

2.2 Classes de incêndio e extintores portáteis

Os incêndios possuem uma clássica classificação, que se diferem quanto ao tipo de combustível presente, mostrados na Tabela 3:

Tabela 3 – Classes de incêndio

Classe A	fogo envolvendo materiais combustíveis sólidos, tais como: madeira, tecidos, papéis, borrachas, plásticos termoestáveis e outras fibras orgânicas, que queimam em superfície e profundidade, deixando resíduos.
Classe B	fogo envolvendo líquidos e/ou gases inflamáveis ou combustíveis, plásticos e graxas que se liquefazem por ação do calor e queimam somente em superfície. Não deixam resíduos.
Classe C	fogo envolvendo equipamentos e instalações elétricas energizados.
Classe D	fogo em metais combustíveis, tais como magnésio, titânio, alumínio, zircônio, sódio, potássio e lítio.

Fonte: ([SEITO, 2008](#)).

Além das quatro classes mais conhecidas, existe a classe K, cujos incêndios são causados por óleos e graxas alimentícias (gordura animal e vegetal). As cinco classes possuem suas devidas simbologias, conforme ilustrado na Figura 3:

Figura 3 – Classes de incêndio



Fonte: (COLGATTI, s.d.).

Incêndios de classe K são semelhantes ao de líquidos classe B, pois ambos envolvem líquidos inflamáveis como fonte de combustível e se espalham rapidamente. Um exemplo de comparação entre as duas classes pode facilitar a escolha do melhor caminho em relação ao combate de possíveis incêndios, pois em incêndios de altas temperaturas de cozimento envolvendo gorduras e óleos podem ser difíceis de tratar com extintores de Classe B, mas os de Classe K são essenciais para isso (EXTINTORES... , 2021).

Ciente que existem diversos agentes que propiciam o surgimento do fogo, é importante destacar que há diferentes tipos de extintores, para cada classe de incêndio, são eles:

- Extintor de água pressurizada: Ideal para se combater incêndios de classe A, agindo por meio do resfriamento e do abafamento do combustível em chamas. Porém, este extintor jamais deve ser utilizado em incêndios que envolvam outros tipos

de combustíveis, devido a sua ineficácia, possível agravamento e/ou condução de eletricidade ao indivíduo;

- Extintor de bicarbonato de sódio (BC): O bicarbonato de sódio atua resfriando rapidamente o material, removendo o calor da reação de combustão. Podem ser utilizados em incêndios de classes B e C;
- Extintor de espuma mecânica: A substância presente neste extintor, atua por meio de abafamento e resfriamento do material. Ideal para incêndios de classe A e B;
- Extintor de fosfato monoamônico (ABC): também conhecido como extintor de pó químico (ABC), é o mais recomendável para ambientes industriais, comerciais e residenciais, devido à sua ampla eficiência em diversas classes de incêndio, exceto para as classes D e K;
- Extintor de gás carbônico (CO₂): Aplicável em pequenos focos de fogo em líquidos inflamáveis e em equipamentos energizados. Entretanto, por ser um gás altamente tóxico, podendo causar asfixia, seu uso não é recomendável em ambientes pequenos ou fechados;
- Extintor de acetato de potássio: Extintor exclusivo para apagar incêndios da classe K. A gordura saturada, ao entrar em contato com um agente extintor de base alcalina à altas temperaturas, provoca uma reação, chamada de saponificação. Essa reação forma uma espuma, que consegue abafar o fogo e conter os vapores inflamáveis e o combustível quente. Os extintores de classe K são reconhecidos como os mais eficientes para a proteção de operações de cozinhas industriais, e são altamente recomendados por normas internacionais, como a NFPA 10, desde sua versão do ano de 1998;
- Extintor Classe D: possuem o agente extintor a base de cloreto de sódio, destinado à fogos causados por metais pirofóricos, exceto o lítio, sendo este necessário outro extintor específico. Este extintor possui a coloração amarelada, diferentemente dos demais vermelhos.

Tendo em vista que nem sempre as pessoas presentes em determinado ambiente, no caso as edificações, possuem treinamento ou conhecimento sobre a utilização dos extintores portáteis, ou mesmo que haja pessoas ali presentes, é de suma importância a presença de sistemas que possam combater as chamas, tais como o sistema de chuveiros automáticos, para incêndios de classe A e B; o sistema de proteção contra incêndio em cozinhas VELOZ do fabricante Bucka, para incêndios classe K, além do sistema de detecção e alarme de incêndio (SDAI) que irá detectar o início de um incêndio, e assim alertar aos supervisores de segurança do local sobre tal ocorrência em tempo real, que então deverão comunicar ao corpo de bombeiros.

3 DESENVOLVIMENTO

Compreende-se como proteção contra incêndio, um conjunto de medidas para a detecção e controle do crescimento do incêndio e sua conseqüente contenção ou extinção. Tais medidas são divididas entre ativas e passivas (ALMEIDA, 2017):

Segundo a ABNT NBR 14.432 (ABNT, 2000):

- **proteção passiva:** é o conjunto de medidas incorporado ao sistema construtivo do edifício, sendo funcional durante o uso normal da edificação e que reage passivamente ao desenvolvimento do incêndio, não estabelecendo condições propícias ao seu crescimento e propagação, garantindo a resistência ao fogo, facilitando a fuga dos usuários e a aproximação e o ingresso no edifício para o desenvolvimento das ações de combate;
- **proteção ativa:** tipo de proteção contra incêndio que é ativada manual ou automaticamente em resposta aos estímulos provocados pelo fogo, composta basicamente das instalações prediais de proteção contra incêndio.

3.1 O sistema de chuveiros automáticos

Conforme definido pela norma ABNT NBR 16400 (2018), o chuveiro automático, ou *sprinklers*, é um “dispositivo pulverizador de água para supressão ou controle de incêndios, que funciona automaticamente quando seu elemento termossensível é aquecido à sua temperatura de operação ou acima dela, permitindo que a água seja descarregada sobre uma área específica” (ABNT, 2018).

Segundo ISB (s.d.), a legislação de incêndio no Brasil é responsabilidade de cada unidade da federação e as exigências do uso de *sprinklers* apresentam diferenças significativas entre elas. As legislações estaduais definem a necessidade de instalação de acordo com: tipo de atividade da edificação, área da edificação e altura da edificação. Em muitos casos, a legislação propõe o uso de chuveiros automáticos como forma de permitir maiores áreas sem compartimentação, ou seja, a subdivisão da área construída em compartimentos resistentes ao fogo, ou para permitir maiores distâncias de encaminhamento até saídas de emergência.

Os *sprinklers* são constituídos dos seguintes componentes:

- corpo: base do chuveiro, provido de rosca para fixação na tubulação, braços e orifício de descarga, que serve para suporte dos outros elementos;

- defletor: componente destinado a quebrar o jato compacto, de modo a distribuir a água;
- obturador: peça destinada à vedação do orifício de descarga;
- elemento termossensível: componente destinado a liberar o obturador pelo efeito de elevação de temperatura, quando atingida a temperatura nominal de operação (ABNT, 2018).

Os chuveiros automáticos possuem diversos modelos, com diferentes dimensões do orifício de descarga para cada pressão de trabalho presente no sistema. Além disso, existem dois tipos de elementos termossensíveis, conforme mostrado na Figura 4. O *sprinkler* do tipo ampola de vidro, que é o mais utilizado, é acionado devido à dilatação do fluido contido no seu interior sob ação do calor. Já o tipo liga fusível opera pela fusão do seu material.

Figura 4 – Tipos de *sprinklers*



(a) Ampola de vidro



(b) Liga fusível

Fonte: skop.com.br.

O sistema de *sprinklers* podem ser instalados em diversos locais, como escritórios, *shopping centers*, depósitos, indústrias, dentre outros, cada qual com a sua respectiva temperatura ambiente. Portanto, é necessário haver diferentes temperaturas de operação do elemento termossensível, conforme mostrado na Figura 5:

Figura 5 – Classificação dos elementos termossensíveis de acordo com temperatura

Faixa de temperatura nominal de operação °C	Temperatura máxima ambiente na altura do chuveiro automático °C	Classificação da temperatura	Cor dos braços em chuveiros do tipo liga fusível	Cor do líquido em chuveiros do tipo ampola de vidro
57 a 77	38	Ordinária	Incolor ou preta	Vermelha ou laranja
79 a 107	66	Intermediária	Branca	Amarela ou verde
121 a 149	107	Alta	Azul	Azul
163 a 191	149	Extra-alta	Vermelha	Roxa
204 a 246	191	Muito extra-alta	Verde	Preta
260 a 302	246	Ultra-alta	Laranja	Preta
320 a 343	329	Ultra-alta	Laranja	Preta

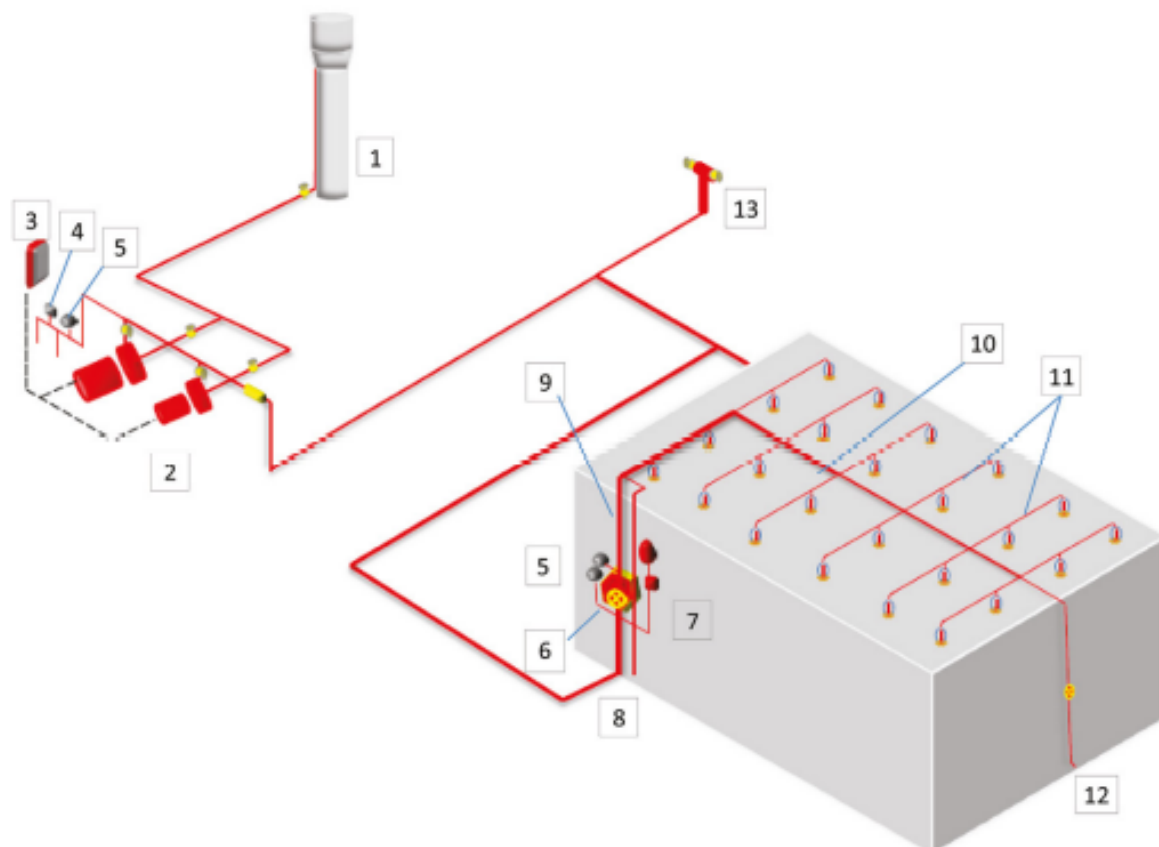
Fonte: (ABNT, 2018).

De acordo com Armani (2016), a depender do projeto, os sistemas de *sprinklers* se diferenciam quanto às instalações e métodos de acionamento. São eles:

- **Sistema de tubulação molhada:** Emprega chuveiros automáticos conectados a uma tubulação contendo água sob pressão, no qual a sua descarga ocorre logo após o acionamento do elemento termossensível;
- **Sistema de tubulação seca:** Neste caso, a tubulação possui ar comprimido ou nitrogênio. Quando um chuveiro é aberto pelo calor, a pressão da rede diminui, o que permite a abertura da válvula de tubulação seca, e assim a passagem da água. Esse sistema é utilizado em locais onde a temperatura normalmente é inferior a 4°C, o que pressupõe um risco de congelamento da água na tubulação;
- **Sistema dilúvio:** São utilizados chuveiros automáticos abertos, ou seja, não possuem elementos termossensíveis e nenhuma obstrução. A rede é de tubulação seca, conectada a uma válvula dilúvio que é acionada por meio de um sistema de detecção. A água é descarregada para a tubulação e todos os chuveiros funcionam simultaneamente;
- **Sistema de ação prévia:** Consiste em um sistema de tubulação seca (pressurizada ou não) com acionamento por um sistema de detecção de incêndio. Uma vez liberada a passagem da água para a tubulação acima da válvula de pré-ação, a rede fica pressurizada até que um chuveiro automático entre em operação.

A Figura 6 contém um desenho esquemático, que ilustra os componentes do sistema de *sprinklers* de tubulação molhada.

Figura 6 – Componentes de um sistema de chuveiros automáticos



- | | |
|----------------------------------|---|
| 1 – Reserva de água | 8 – Dreno |
| 2 – Conjunto de bombas | 9 – Subida principal (riser) |
| 3 – Quadro de comando elétrico | 10 – Subgeral (cross main) |
| 4 – Pressóstato | 11 – Ramais (branch line) |
| 5 – Manômetro | 12 – Conexão de ensaio |
| 6 – Válvula de governo e alarme | 13 – Tomada (conexão) de recalque para o Corpo de Bombeiros |
| 7 – Alarme hidráulico e elétrico | |

Fonte: (ARMANI, 2016).

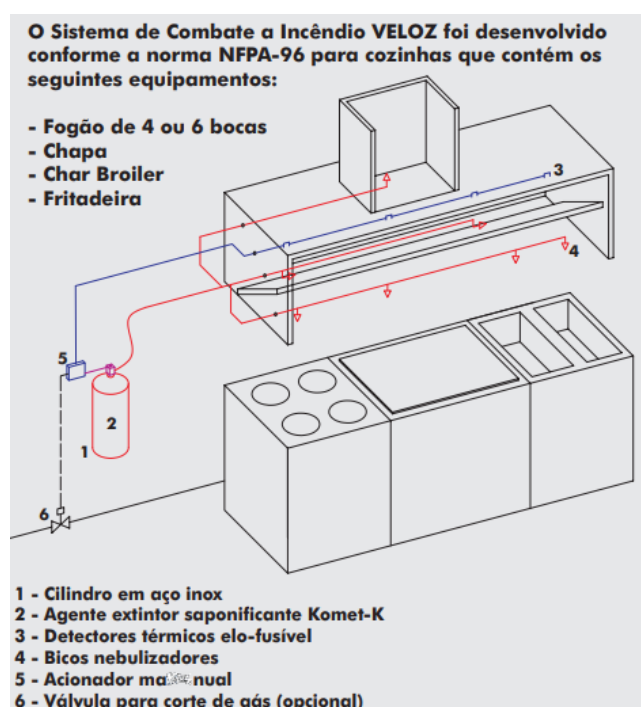
3.2 O sistema VELOZ - Proteção contra incêndios em cozinhas

Conforme analisado anteriormente, a água pode não ser o agente extintor ideal para determinados combustíveis, como por exemplo, os óleos e gorduras presentes nas cozinhas industriais e comerciais.

Embora fossem utilizados no passado, os extintores de CO₂ e pó químico (ABC) também não são ideais para tais incidentes. A utilização de dióxido de carbono é inadequada em ambientes compactos, por se tratar de um gás inodoro e asfixiante. Já o extintor de pó químico não possui a mesma eficiência do agente saponificante, pois não realiza o resfriamento do combustível.

O sistema de proteção contra incêndio em cozinhas VELOZ, do fabricante Bucka, é dotado de agente extintor saponificante (wet-chemical) Komet-K. Durante um princípio de incêndio, a elevação da temperatura ativará os sensores, provocando a liberação imediata do agente Komet-K sobre os equipamentos de cocção e filtros, no qual ocorre o resfriamento e a reação com o combustível (saponificação), formando uma camada isolante, privando o contato com o ar e assim extinguindo as chamas por abafamento (SISTEMA... , s.d.). A Figura 7, proveniente do catálogo técnico do fabricante, ilustra a instalação e componentes do sistema.

Figura 7 – Sistema VELOZ



Fonte: bucka.com.br.

3.3 SDAI - Sistema de detecção e alarme de incêndio

A função do sistema de detecção e alarme de incêndio é, de acordo com SEITO (2008), detectar o fogo em seu estágio inicial, a fim de possibilitar o abandono rápido e seguro dos ocupantes do edifício e iniciar as ações de combate ao fogo, evitando assim a perda de vidas, do patrimônio e também evitar contaminação do meio ambiente.

Atualmente, a portaria nº 108, de 12 de Julho de 2019 do Diário Oficial da União institui o modelo nacional de regulamento de segurança contra incêndio e emergências. Nele, especifica-se que os Estados e o Distrito Federal poderão adotar parâmetros diferenciados para fins de exigência das medidas de segurança contra incêndio e emergências, como por exemplo, a detecção automática, alarme e sinalização.

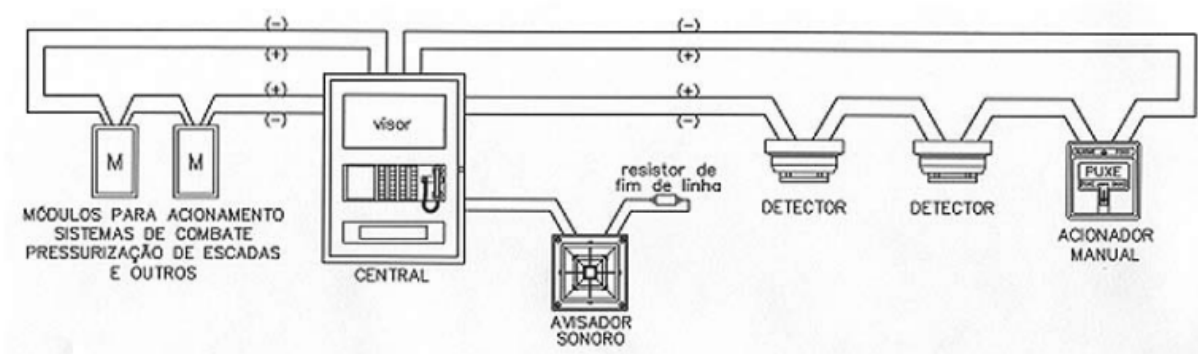
Para ALMEIDA (2017), edificações, que possuem grandes dimensões verticais e horizontais, inúmeras compartimentações e um elevado número de ocupantes, necessitam da implantação do sistema, pois sem ele, o processo de aviso de emergência torna-se trabalhoso e lento.

3.3.1 Circuitos de detecção

Um circuito de detecção, ou laço, é o meio de transmissão de sinais, no qual são instalados os detectores automáticos ou acionadores manuais. São classificados em: Classe A e Classe B.

- **Circuito de detecção Classe A:** Existe uma fiação de retorno à central (circuito redundante), havendo alimentação pelos dois extremos, de forma que caso ocorra uma interrupção (rompimento ou curto-circuito), não implique na paralisação do sistema. Esse circuito pode ser visualizado pela ilustração da Figura 8:

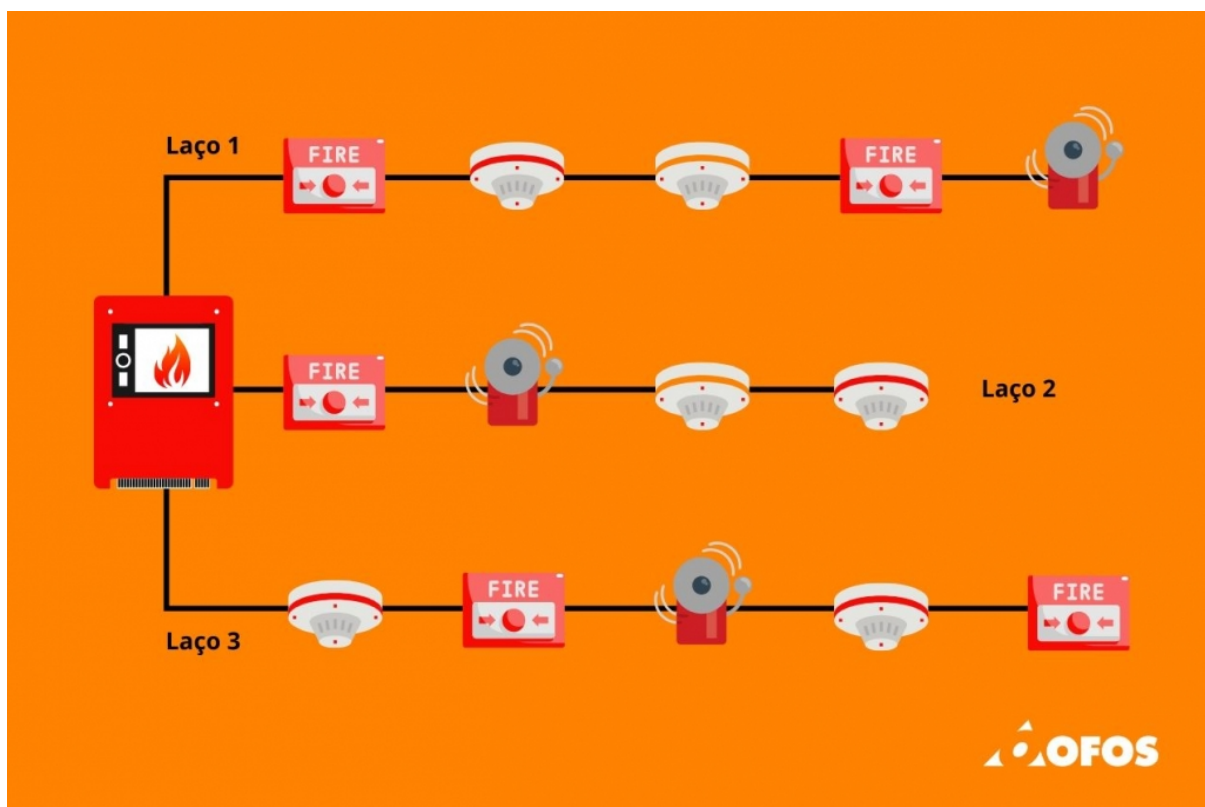
Figura 8 – Circuito Classe A



Fonte: (SEITO, 2008).

- **Circuito de detecção Classe B:** Circuito no qual não existe uma fiação de retorno à central, de forma que uma eventual interrupção implique na paralisação parcial ou total do sistema (ABNT, 2010). A Figura 9 ilustra o circuito de detecção classe B.

Figura 9 – Circuito Classe B



Fonte: (FERNANDES, s.d.)

Normalmente, os sistemas são operados por circuitos de detecção classe A. Em caso de uma eventual interrupção na fiação, o sistema não irá identificar a localização exata da falha. Portanto, o sistema deverá ser comutado para operar por um circuito classe B, dessa forma, a falha poderá ser identificada próxima ao primeiro dispositivo sem comunicação.

3.3.2 Tipos de sistemas de detecção

3.3.2.1 Sistema convencional

São os sistemas mais simples e de menor custo. De acordo com a norma ABNT NBR 17240, é um sistema composto por um ou mais circuitos de detecção. Cada circuito de detecção é instalado em uma determinada zona ou área protegida. Quando atuado um dispositivo de detecção, a central identifica somente a área protegida pelo circuito de detecção onde o dispositivo está instalado (ABNT, 2010).

3.3.2.2 Sistema endereçável

Neste tipo de sistema, cada dispositivo de detecção recebe um endereço que permite à central identificá-lo individualmente, normalmente por meio de um DIP switch (ABNT, 2010). Possui comunicação tipo “half-duplex”, ou seja, a central poderá receber e enviar sinais, porém um de cada vez. Segundo SEITO (2008), isso limita o número de dispositivos

no sistema, pois o processamento das informações fica lento à medida que se aumenta o número de endereços.

3.3.2.3 Sistema algorítmico

Também conhecido como sistema inteligente, é caracterizado pela tecnologia digital, com transmissão de dados binários por meio de comunicação “*full-duplex*”, na qual a central poderá receber e enviar dados simultaneamente. Desta forma, o sistema será capaz de gerenciar informações mais detalhadas e confiáveis, para uma maior quantidade de dispositivos, como a ocorrência de falhas, alarme ou necessidade de limpeza em um detector.

3.3.3 Componentes do sistema

O sistema de detecção e alarme de incêndio é composto pelos seguintes equipamentos: central de detecção e alarme; detectores automáticos; acionadores manuais; sinalizadores (visuais e/ou sonoros) e módulos de entrada e saída, que podem ser utilizados para supervisão e controle. Desta forma o SDAI possui três operações: detecção, processamento e sinalização.

- **Central de detecção e alarme:** Equipamento que possui a função de processar os sinais provenientes dos circuitos de detecção, gerar informações visuais por meio de uma interface Homem-Máquina e emitir alertas sonoros, além de enviar sinais para os dispositivos de sinalização e alarme, como representado pela Figura 10. A central deve ser monitorada, local ou remotamente, 24 horas por dia, por operadores treinados;

Figura 10 – Central de detecção e alarme



Fonte: gdetect.com.br

- **Fonte auxiliar:** São baterias que devem ser dispostas junto à central, de forma a manter o funcionamento do sistema em caso de falha no fonte primária de energia, por no mínimo 24 horas em condições normais (sem alarmes) e 5 minutos em estado de alarme (ABNT, 2010);
- **Detector de fumaça pontual:** Possuem uma determinada área de abrangência circular e fixa. Podem ser do tipo óptico, no qual um emissor e um receptor de luz detectam variação de luminosidade devido a presença de partículas de fumaça. Já o tipo iônico possui uma fonte de radiação que emite partículas alfa, gerando uma corrente elétrica no seu interior. A presença de fumaça irá reduzir ou interromper o fluxo de corrente, detectado por uma placa de circuito eletrônico; A Figura 11 apresenta um detector do fabricante Intelbras:

Figura 11 – Detector de fumaça pontual



Fonte: intelbras.com

- **Detector de fumaça linear:** Composto por um emissor e um refletor de luz infravermelha, conforme mostra a Figura 12. A presença de fumaça irá influenciar a passagem do feixe de luz, provocando o seu acionamento;

Figura 12 – Detector de fumaça linear



Fonte: segurimax.com.br

- **Detector de temperatura:** São utilizados para monitorar ambientes com presença de materiais, cuja característica no início da combustão é gerar muito calor e pouca

fumaça. Também são indicados para ambientes com vapor, gases ou muitas partículas em suspensão, onde os detectores de fumaça estão sujeitos a alarmes indesejáveis; Podem ser do tipo temperatura fixa, que será acionado ao ultrapassar determinada temperatura, como representado pela Figura 13, ou do tipo termovelocimétricos, que será acionado caso ocorra uma rápida elevação de temperatura (ABNT, 2010);

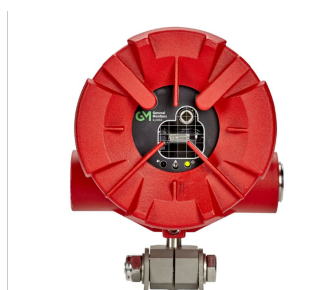
Figura 13 – Representação de um detector de temperatura fixa



Fonte: realpars.com

- **Detector de chama:** Esse detector possui um sensor sensível à luz ultravioleta presente nas chamas. São recomendados em ambientes de armazenagem e manuseio de materiais inflamáveis ou em áreas abertas, onde o fluxo de ar impede a detecção de fumaça e temperatura. O detector de chama pode ser visualizado pela Figura 14.

Figura 14 – Detector de chama



Fonte: msasafety.com

- **Detector de gás:** Detector utilizado para medir e avaliar a concentração de gases (tóxicos ou inflamáveis) no ambiente. Para detectar os gases inflamáveis, existem dois tipos de sensores:

Sensor catalítico, que atua quando um gás inflamável entra em contato com a superfície do catalisador, provocando uma reação de oxidação catalítica, o que altera a resistência interna.

Sensor infravermelho, possui alta velocidade de resposta, não perde a sensibilidade por reações químicas e não necessita da presença de oxigênio. Entretanto, o sensor deve ser calibrado para um determinado gás, e suas leituras são afetadas devido a alta umidade e mudanças da temperatura e pressão ambientes (WAGNER, 2016);

- **Detector multisensor:** Possui uma combinação de sensor óptico de fumaça e sensor de temperatura, o que o torna mais preciso e confiável;
- **Acionadores manuais:** São dispositivos para iniciar o alarme de forma manual, por operação de uma pessoa, conforme mostrado pela Figura 15. São instalados em locais de trânsito de pessoas (SEITO, 2008);

Figura 15 – Acionador manual



Fonte: intelbras.com

- **Sinalizadores:** Também conhecidos por avisadores, podem ser visuais, sonoros ou ambos, cuja função é alertar as pessoas sobre a situação de incêndio, como visualizado pela Figura 16;

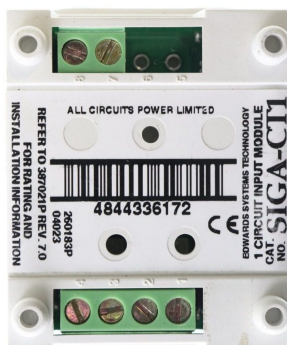
Figura 16 – Sinalizador de emergência



Fonte: intelbras.com

- **Módulos de entrada e saída:** Esses dispositivos podem ser utilizados em diversas aplicações, como para endereçamento de detectores convencionais ou para atuar sobre equipamentos, como por exemplo, desligar aparelhos de ar-condicionado, acionar um sistema de exaustão para eliminação da fumaça no ambiente, entre outros. Um exemplo de módulo do fabricante Edwards pode ser visualizado na Figura 17.

Figura 17 – Módulo de entrada e saída



Fonte: firealarm.com

O SDAI possui as suas fiações dos circuitos de detecção, alimentação e sinalização, independentes e devem, assim como os demais componentes, atender os requisitos especificados na NBR 17420 (2010).

4 CONCLUSÃO

Tendo em vista os graves riscos provocados por um incêndio estrutural, sejam eles danos ao patrimônio, perda de equipamentos ou estoque, até riscos à saúde e possíveis fatalidades, é de suma importância a implementação de sistema de detecção e alarme de incêndio, a fim de garantir a detecção de um princípio de incêndio no menor tempo possível e alertar as pessoas presentes no local e o corpo de bombeiros.

O sistema de chuveiros automáticos, instalado e mantido corretamente, possui condições de atuar sobre o incêndio, de forma a proteger a vida, diminuir as perdas, economizar a água para o combate, diminuir o tempo para o reestabelecimento das atividades das ocupações e proteger os profissionais das equipes de emergência.

Assim como as suas devidas instalações, todos os sistemas de proteção contra incêndio devem ser mantidos sob inspeção e manutenção periódica.

Como sugestão para trabalhos futuros, é importante ter em mente que para elaboração de projetos de SDAI, a quantidade e posicionamento de detectores pontuais depende da área e do formato do ambiente, portanto, conforme as dimensões do local, pode-se elaborar um *software* para realização dessa tarefa.

Outra alternativa para um trabalho futuro, é a criação de um protótipo de sistema de detecção e alarme em conjunto com o sistema de *sprinklers* por meio de Controlador Lógico Programável (CLP), sensores de fumaça e temperatura, válvulas automáticas, assim como visualização dos estados e alertas por meio de uma Interface Homem-Máquina.

REFERÊNCIAS

- ALMEIDA, Marcos Rangel de. *Prevenção e combate ao sinistro*. Editora e Distribuidora Educacional S.A., 2017. Citado 10 vezes nas páginas 12, 15–19, 22, 27.
- ARMANI, Cassio Roberto. *Inspeção Predial de Sistemas de Chuveiros Automáticos: uma proposta de roteiro sobre os requisitos*. Instituto Sprinkler Brasil, 2016. Citado 2 vezes nas páginas 24, 25.
- ARMANI, Cassio Roberto ;et al. *Inspeção Predial Prevenção e combate a incêndio*. Instituto Brasileiro de Avaliações e Perícias de Engenharia de São Paulo - IBAPE/SP, 2019. Citado 1 vez na página 15.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. *NBR 14432: Exigências de resistência ao fogo de elementos construtivos de edificações - Procedimento*. Rio de Janeiro, 2000. P. 14. Citado 1 vez na página 22.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. *NBR 16400: Chuveiros Automáticos para Controle e Supressão de Incêndios - Especificações e Métodos de Ensaio*. Rio de Janeiro, 2018. P. 78. Citado 3 vezes nas páginas 22–24.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. *NBR17240: Sistemas de detecção e alarme de incêndio – Projeto, instalação, comissionamento e manutenção de sistemas de detecção e alarme de incêndio – Requisitos*. Rio de Janeiro, 2010. P. 54. Citado 5 vezes nas páginas 27, 28, 30, 31.
- BATISTA, Camilo Júnior Abel. *Manual de prevenção e combate a incêndios*. Editora Senac São Paulo, 2021. Citado 5 vezes nas páginas 15, 17–19.
- COLGATTI, Thaís. *Tipos de Extintores de Incêndio: saiba a diferença das classes de incêndio, os agentes extintores utilizados e a aplicação correta*. Disponível em: <https://ofos.com.br/tipos-de-extintores-de-incendio/> Acesso em Agosto de 2022. Citado 1 vez na página 20.
- EXTINTORES Classe K e suas principais aplicações. 2021. Disponível em: <https://www.bucka.com.br/extintores-classe-k-e-suas-principais-aplicacoes/> Acesso em Agosto de 2022. Citado 1 vez na página 20.
- FERNANDES, Vítor. *Sistemas de detecção e alarme de incêndio*. Disponível em : <https://ofos.com.br/tudo-sobre-o-sistema-de-deteccao-e-alarme-de-incendio/> Acesso em Outubro de 2022. Citado 0 vez na página 28.
- FREITAS, Julio Assis de. *Proteção contra incêndio e explosões*. Platos Soluções Educacionais S.A., 2021. Citado 4 vezes nas páginas 15, 16, 18.

- ISB, Instituto Sprinkler Brasil. *Legislação*. Disponível em: <https://sprinklerbrasil.org.br/legislacao/> Acesso em Setembro de 2022. Citado 1 vez na página 22.
- MARCONDES, José Sérgio. *Segurança Contra Incêndio: O que é? Objetivos e Medidas*. 2017. Disponível em: <https://gestaodesegurancaprivada.com.br/seguranca-contraincendio/>. Acesso em Agosto de 2022. Citado 1 vez na página 13.
- OLIVEIRA, Adilson de. *A descoberta que mudou a humanidade*. Disponível em: <https://cienciahoje.org.br/coluna/a-descoberta-que-mudou-a-humanidade/>. Acesso em Agosto de 2022. Citado 1 vez na página 15.
- SEITO, Alexandre Itiu; et al. *A segurança contra incêndio no Brasil*. Projeto Editora, 2008. Citado 8 vezes nas páginas 17–19, 26–28, 32.
- SISTEMA para cozinhas industriais. Disponível em: <https://www.bucka.com.br/sistema-de-combate-a-incendio/sistema-para-cozinha-industriais/> Acesso em Setembro de 2022. Citado 1 vez na página 26.
- WAGNER, Dave. *Detecção de gás combustível: Sensor infravermelho ou catalítico?* 2016. Disponível em: <https://www.indsci.com/pt/blog/combustible-gas-detection-infrared-or-catalytic-bead-sensors> Acesso em Setembro de 2022. Citado 1 vez na página 31.