

## SISTEMAS DE CONTROLE DE FUMAÇA EM EDIFICAÇÕES

### Smoke Control Systems in Buildings

*Diego Heusi Rampinelli*

*Aspirante a Oficial do Corpo de Bombeiros Militar de Santa Catarina. Especialista em Gestão de riscos e eventos críticos pelo Centro de Ensino Bombeiro Militar. Graduado em Engenharia Civil pela Universidade Federal de Santa Catarina. Graduado em Administração Empresarial pela Universidade do Estado de Santa Catarina.  
Email: rampinelli@cbm.sc.gov.br*

#### RESUMO

Este documento analisa os sistemas de controle de fumaça como alternativa para mitigar os números da principal causa de vítimas nos incêndios em edificações, a inalação da fumaça. Para isso, foi efetuada uma pesquisa bibliográfica e documental, de modo a compreender como ocorre a produção, propagação, características e o comportamento da fumaça. Com base nisso, os sistemas de controle de fumaça foram objeto de estudo, abordando os sistemas naturais e mecânicos, detalhes de funcionamento e aspectos dos dispositivos que os compõem. Os princípios mais relevantes para a criação de uma Instrução Normativa sobre o tema, por parte do Corpo de Bombeiros Militar de Santa Catarina, resumem-se em 7 (sete) pontos. Na conclusão corrobora-se a ideia da pesquisa, apontando o sistema de controle de fumaça como uma ferramenta com potencial para auxiliar na prevenção de sinistros, evacuação das vítimas, proteção de vidas e do patrimônio. O que subsidia, por meio dos princípios identificados, diretrizes para orientar a Corporação na elaboração de uma normatização voltada ao assunto.

**Palavras-chave:** Segurança contra Incêndio e Pânico. Sistema de Controle de Fumaça. Instrução Normativa.

#### ABSTRACT

This paper examines smoke control systems as an alternative to mitigate numbers of the main cause of casualties in building fires, the inhalation of smoke. For this, a bibliographical and documentary research was done, in order to understand how the production, propagation, characteristics and the behavior of the smoke occurs. Based on this, the smoke control systems were studied, addressing the natural and mechanical systems, details of operation and aspects of the devices that make them up. The most relevant principles for the creation of a Normative Instruction on the subject, by the Military Fire Brigade of Santa Catarina State (Brazil), are summarized in 7 (seven) points. The conclusion corroborates the idea of the research, pointing out the smoke control system as a tool with potential to assist in the prevention of accidents, evacuation of victims, protection of lives and property. What subsidizes, through the principles identified, guidelines to guide the Corporation in the elaboration of a normalization focused on the subject.

**Keywords:** Fire and Panic Safety. Smoke Control System. Normative Instruction.

Este artigo é resultado do trabalho de conclusão do Curso de Formação de Oficiais, realizado em 2017. A pesquisa foi intitulada "Sistemas de Controle de Fumaça em Edificações: Proposta de Instrução Normativa".

## 1 INTRODUÇÃO

O domínio sobre o fogo sempre foi um objetivo do homem e objeto de muito estudo ao longo da evolução da humanidade. Provocado inicialmente apenas por fenômenos naturais como relâmpagos e erupções vulcânicas, ele era um mistério para o homem primitivo. “Há pouco tempo aprendemos a produzir e dominar o fogo: 70 mil anos, e a sua conquista foi importante para a humanidade em que quase todos os povos” (BILUK et al., 2011, p. 2). Del Carlo (2008, apud SEITO, 2008) completa que o controle do fogo possibilitou grandes avanços na história: cocção dos alimentos, fabricação de vasos e potes de cerâmica ou objetos de vidro, forja do aço, fogos de artifício, etc.

Em paralelo a isso, os incêndios sempre ocasionaram perdas de vidas e propriedades. Sabe-se que, nos estudos acerca da segurança pública, é incessante a busca pela prevenção e evitação de desastres. Atitudes prévias que cessarão ou minimizarão a possibilidade de tragédias na sociedade possuem, hoje, grande respaldo entre a opinião pública. Para o Corpo de Bombeiros Militar de Santa Catarina (CBMSC), essa realidade prontamente se aplica.

Historicamente o combate a incêndios concentrou-se na orientação para a minimização das chamas – resultado da reação química que compõe o fogo e que atrai a atenção do homem pela sua associação a altos níveis de temperatura e luminosidade. É senso comum que ter contato com as chamas têm como decorrência direta o dano. Porém, ao focar nelas sua atenção, o cidadão de bem se deixa levar pela imprudência e negligência outros efeitos da combustão – tão ou mais importantes para a proteção da vida e do patrimônio – envolvidos na formação do fogo. Um deles é a fumaça, que tem como característica principal a redução da visibilidade no ambiente. O efeito direto disso é a grande dificuldade de evacuação dos espaços, já que ela ocupa as saídas projetadas e aumenta o pânico das vítimas. Não por acaso, em reportagem sobre o relatório emitido pelo Conselho Regional de Engenharia e Agronomia do Rio Grande do Sul (CREA-RS) acerca do evento da maior tragédia envolvendo grandes incêndios nos últimos tempos – 242 mortos, a ocorrência da Boate Kiss na cidade de Santa Maria/RS, em 2013 –, o Eng.º Civil Telmo Brentano salienta:

[...] as maiores causas das mortes foram a fumaça e os gases altamente tóxicos gerados em muitas quantidades com a combustão dos materiais de revestimentos, pois não havia aberturas perimetrais para o exterior, nem no telhado para a tiragem adequada, gerando um acúmulo muito grande e um conseqüente aumento da temperatura interna no ambiente. “Isso ficou bem caracterizado pela queima e derretimento dos materiais mais frágeis na parte superior dos ambientes e ficando intactos os móveis e utensílios apoiados no piso”, aponta, depois de visita técnica à boate. (SANTUCCI, 2013, p. 25)

Estudiosos apontam números expressivos de casos de feridos ou vítimas fatais em virtude do contato com esta atmosfera hostil provocada nos incêndios. De acordo com Nakamura (2007, p. 1), valores obtidos junto ao Corpo de Bombeiros da Polícia Militar de São Paulo mostram que seriam por

volta de 80% dos casos, enquanto Mitidieri (2008, p. 66) elenca aproximadamente 70%.

Além disso, no Brasil, a realidade da legislação atinente à prevenção contra incêndios – a chamada Atividade Técnica, exercida pelas corporações bombeiris – é que cada Estado produz recomendações distintas. Em Santa Catarina, o CBMSC, regido pela Constituição Estadual, possui um rol de orientações técnicas bastante significativo para oferecer à população, distribuídas em 34 Instruções Normativas (sendo 3 delas revogadas). Entretanto, ainda não contém tratativas específicas relacionadas aos sistemas de controle de fumaça. Ocorre que a lei 16.157/2013, que confere à corporação o chamado Poder de Polícia, inclui a exigência da previsão do sistema de controle de fumaça no projeto preventivo contra incêndio (PPCI) ou no plano de regularização da edificação (PRE):

Art. 4. [...]

§ 2º O PPCI ou PRE deve prever, de acordo com o tipo do imóvel e os respectivos riscos e ocupações, os seguintes dispositivos ou sistemas:

I – restritivos ao surgimento de incêndio;

II – de controle do incêndio;

III – de detecção e alarme;

(...)

XII – plano de emergência, contemplando a divulgação de procedimentos de emergência;

XIII – de controle de acabamento e revestimento; e

XIV – **controle de fumaça**. (SANTA CATARINA, 2013, p. 2, grifo nosso)

Excetuando o controle de fumaça, todos os outros incisos do parágrafo em questão deste artigo da Constituição Estadual possuem alguma previsão de normatização ou orientação técnica por parte do CBMSC. Logo, o hiato entre a necessidade de um sistema como esse por parte da legislação e a falta de uma base normativa, assim como outras medidas de segurança existentes para orientar a sociedade, torna-se uma justificativa plausível para o presente estudo.

Não obstante, o incêndio na boate Kiss, pela magnitude do evento, não só propiciou o advento da lei 16.157/2013 há pouco citada, como também provocou a criação, agora em âmbito nacional, da “Lei Kiss”. A lei 13.425, de 30 de março de 2017, que entrou em vigor em todo o país no mês de setembro de 2017, trouxe consigo diretrizes gerais e ações complementares sobre prevenção e combate a incêndio e a desastres em estabelecimentos, edificações e áreas de reunião de público. Em Santa Catarina, reforçou o Poder de Polícia Administrativa do CBMSC, inclusive vinculando o exercício da Atividade Técnica em cidades que contam com outras corporações para efetuar a atividade operacional. Nesse contexto, a consequência da adoção de sistemas de controle de fumaça pode vir a ser ampliada para estas localidades, promovendo ainda mais a Segurança contra Incêndio e Pânico.

O conhecimento técnico ligado aos sistemas de controle de fumaça em edificações vem crescendo a cada ano, em escala muito semelhante às discussões para a adoção do uso de chuveiros automáticos. Órgãos como a *Society of Fire Protection Engineers* (SFPE), dos Estados Unidos, vem apresentando de modo sistemático reportagens sobre os conceitos, características e benefícios dos sistemas de controle de fumaça para

edificações. Anderson e Steranka (2016, p. 30, tradução nossa) discorrem que, em todo o mundo, cada vez mais são usados os sistemas de controle de fumaça, como se detalha na sequência:

A maioria das mortes por incêndio não é causada por queimaduras, mas pela inalação de fumaça". À medida que os edifícios se tornaram maiores e mais abertos, os sistemas de controle de fumaça são usados mais amplamente em todo o mundo. Os sistemas de controle de fumaça ajudam a conter fumaça e calor com menor dependência de compartimentação passiva através de barreiras contra incêndio e fumaça. Esses sistemas fornecem o tempo extra necessário para que os ocupantes evacuem com segurança e que os bombeiros executem operações de emergência.

Logo, com base nessas ideias, é que o presente estudo buscou examinar como ocorre a ação da fumaça nos incêndios em edificações, verificando como pode contribuir o funcionamento de um sistema de controle de fumaça. A questão problema que se pretende estudar por meio deste documento é: "Com base em estudos sobre a ação da fumaça nos incêndios em edificações, quais os principais aspectos em um sistema de controle de fumaça necessários para embasar uma normatização relacionada ao tema, no CBMSC?" Para tal análise, o método adotado foi o da pesquisa bibliográfica e documental junto a órgãos técnicos e oficiais, tanto nacionais como de outros países. Este estudo parte de análises específicas acerca dos sistemas de controle de fumaça buscando extrapolar tais conhecimentos para verificar sua aplicabilidade, o que a caracteriza como uma pesquisa aplicada, segundo Gil (2002) e indutiva, segundo Marconi e Lakatos (2003).

## **2 A FUMAÇA**

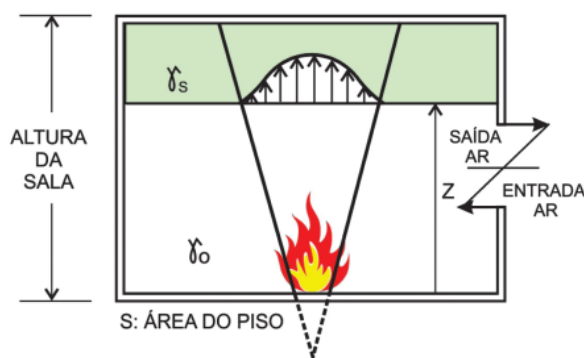
Os chamados gases da combustão podem ser entendidos como "substâncias gasosas que surgem durante o incêndio e permanecem mesmo após os produtos da combustão serem resfriados até alcançarem temperaturas normais" (CBMSC, 2016, p. 37). Suas quantidades dependem muito do tipo de combustível, das condições do ambiente e da quantidade de oxigênio disponível. Quanto às fumaças visíveis, a NFPA 92 (2015, p. 6, tradução nossa) conceitua como sendo as partículas de sólidos, líquidos e gases transportados para o ar que se originam quando um material sofre pirólise ou combustão, em conjunto com a quantidade de ar que é lançada ou de outro modo envolvida na mistura.

Interessante salientar que, conforme o manual do Curso de Formação de Combate a Incêndios (CBMSC, 2016, p. 38), os efeitos dos gases da combustão e da fumaça sobre as pessoas dependem de fatores bastante variáveis e particulares de cada ocorrência como o tempo de exposição, a concentração e a composição desta atmosfera, das condições físicas e da resistência dos indivíduos expostos. Sieben (2011, p. 36) salienta que a fumaça é o fator que apresenta maior risco à vida humana em um sinistro de incêndio. Um sistema de controle de fumaça objetiva diretamente otimizar a qualidade do ar nestas situações, dando mais tempo para as pessoas

evacuarem o local de maneira segura e buscando propiciar uma atmosfera com menores concentrações de gases nocivos.

Os estudos sobre o comportamento da fumaça passam pela compreensão dos modos como ocorrem as transferências de calor em um ambiente. O manual do Curso de Formação de Combate a Incêndios (CBMSC, 2016, p. 40) explica que são 3 os métodos para transmissão de calor (isto é, energia térmica): condução, convecção e radiação. Sobre o funcionamento da circulação dos gases quentes e fumaça, o CBPMESP (2011, p. 97) por meio da Instrução Técnica nº 02 – Conceitos básicos de segurança contra incêndio – esclarece que, pelo calor em um incêndio, os materiais combustíveis emanam gases que podem, pelas variações de temperatura interna e externa à edificação, serem mais ou menos densos que o ar (ver figura 1). Tal diferença de temperatura provoca um movimento ascensional dos gases, que vão sendo substituídos pelo ar que adentra a edificação por meio das aberturas (janelas e portas). O que se percebe, portanto, é a constante troca entre o ambiente interno e externo, com saída de gases quentes e fumaça e entrada de ar.

Figura 1- Processo básico de formação dos produtos da combustão



Fonte: CBPMESP (2011, p. 98)

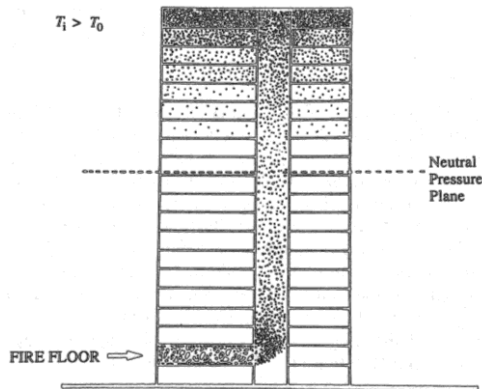
Com relação às forças responsáveis pela dinâmica da fumaça, Drysdale (2011, p. 459, tradução nossa) detalha que a fumaça, assim como qualquer fluido, se moverá sob a influência de forças que se manifestarão devido a gradientes de pressão, isto é, diferenças suficientes para resultar num fluxo, dentro da maior parte do fluido. Quanto a isso, o autor efetua uma análise não só para como tudo ocorre em um compartimento, como é descrito para a maioria dos conhecedores do tema, mas sim para o movimento da fumaça dentro de um edifício, sendo as tais forças são criadas por:

a) flutuação criada diretamente pelo fogo: Drysdale (2011, p. 459, tradução nossa) explica que a combustão em um ambiente promove altas temperaturas, o que induz forças de flutuabilidade capazes de movimentar os gases quentes e a fumaça para cima. Acumulados na porção superior, o que se espera de um ambiente que tenha algum dispositivo que efetue o controle de fumaça é que tal mistura de gases seja expelida por aberturas de ventilação ou por meio de quaisquer outros caminhos adequados para liberá-la.

b) flutuação decorrente de diferenças entre a temperatura ambiente interna e

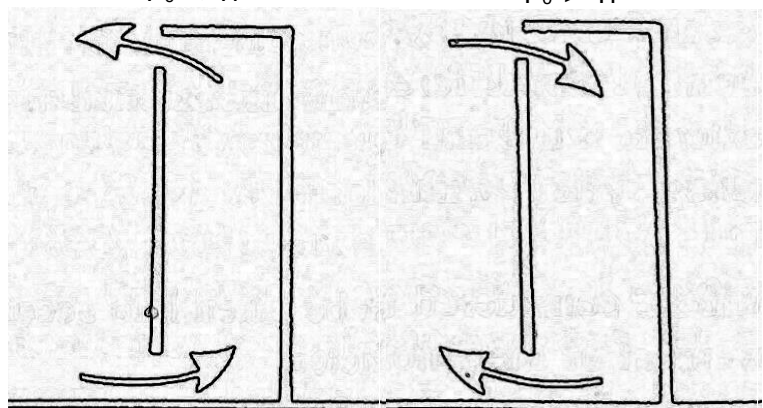
externa: o autor esclarece que, em decorrência de forças de flutuação geradas pelo próprio incêndio, o efeito chaminé ou "stack effect" deve ser levado em conta. Enquanto a mistura de gases quentes e fumaça estiver a uma temperatura mais alta do que o ar circundante, ela tenderá a subir. Entende-se isso como um fenômeno gradual, isto é, à medida que o fluxo se afasta da zona de origem do fogo, as temperaturas caem e a força de flutuação tende a diminuir até um ponto em que outras forças podem predominar no seu comportamento, relata Drysdale (2011, p. 460, tradução nossa). Para o caso de edificações altas, por exemplo, que contenham espaços verticais sem compartimentação (escadas, poços de elevador, etc.), caso as temperaturas interna ( $T_i$ ) e externa ( $T_o$ ) sejam diferentes, surgirão diferenças de pressão induzidas pela flutuação – é a origem do chamado efeito chaminé – figura 2.

Figura 2- Demonstração do efeito chaminé no movimento da fumaça em uma edificação alta



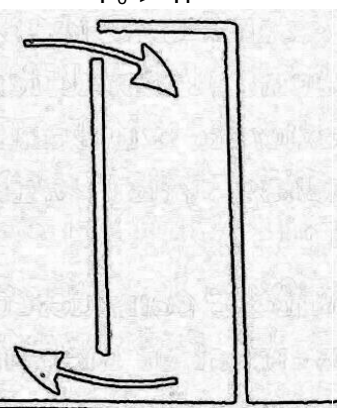
Fonte: Drysdale (2011, p. 462)

Figura 3- Fluxo quando  $T_o < T_i$



Fonte: Drysdale (2011, p. 460)

Figura 4- Fluxo quando  $T_o > T_i$



Fonte: Drysdale (2011, p. 460)

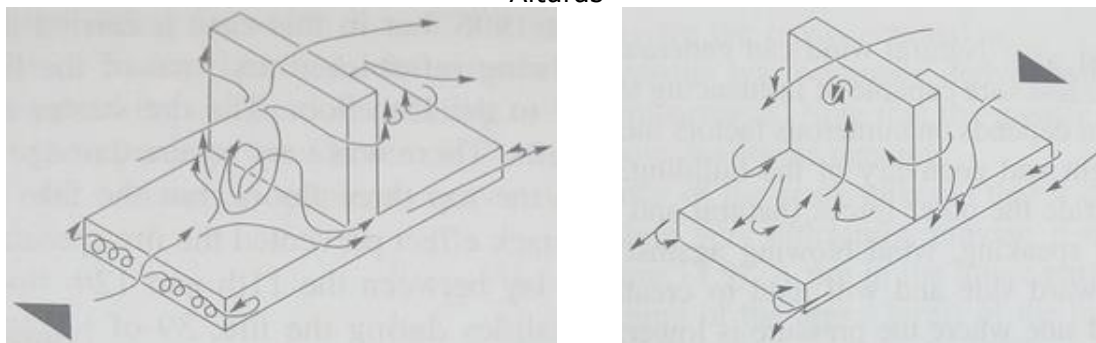
A diferença entre as temperaturas faz com que a pressão dentro da construção seja maior do que fora dela. Levando em conta que a edificação possui aberturas na porção inferior e superior e que a temperatura dentro do edifício seja uniforme e maior do que a temperatura externa – ambiente –, existirá uma tendência natural para que o ar seja captado nos níveis mais baixos e expulso no topo da porção superior (ver figura 3). Agora, se a temperatura externa for maior do que a do interior do prédio, como seria o caso em edifícios com ar condicionado em locais de clima quente, a situação tende a ser revertida. O ar deve fluir para o fundo do edifício e, ao ocorrer um incêndio, mesmo com dispositivos próprios de um sistema de controle de fumaça, o movimento inicial de fumaça pode ser contrário às expectativas – ver figura 4.

c) efeitos do movimento externo do vento e do ar: sobre essa força, Drysdale (2011, p. 463, tradução nossa) explica que o vento, o movimento do ar na atmosfera, é capaz de gerar distribuições de pressão sobre o contorno de um edifício que influenciam o movimento da fumaça na parte interna. Tais variações de pressão externa dependem de fatores como: velocidade e direção do vento e altura e geometria do edifício. Dependendo do caso, a grandeza dos efeitos pode até ser suficiente para sobrepôr as outras forças (naturais e artificiais) que atuam no movimento da fumaça. No geral, o vento que sopra

contra um edifício produzirá maiores pressões no lado do barlavento (de onde sopra o vento) e tenderá a criar movimento de ar dentro da edificação para o lado do sotavento (para onde o vento vai), onde a pressão é relativamente menor.

O autor prossegue, salientando que a distribuição de pressões sobre um edifício também é muito influenciada pela proximidade das edificações vizinhas e pela geometria do próprio prédio. Padrões de vento incidindo sobre uma edificação baixa e uma mais alta podem ocasionar distribuição de pressões sobre o telhado da primeira, alterando-se consideravelmente conforme as mudanças de velocidade e direção dos ventos (ver figura 5). Pelo arranjo das edificações, caso haja uma área de pressão relativamente alta na vizinhança do edifício baixo, sob certas condições do vento, a ventilação natural não será um método confiável para extração da fumaça. É válido ressaltar que, no entanto, para a maioria das outras situações, o vento induziria uma baixa pressão nos telhados, vindo a aumentar a eficácia das aberturas de ventilação.

Figura 5- Padrões de incidência dos ventos em edificações de diferentes Alturas



Fonte: Drysdale (2011, p. 464)

d) o sistema de tratamento de ar dentro do prédio: Drysdale (2011, p. 464, tradução nossa) descreve que muitas edificações modernas já possuem sistemas de aquecimento, ventilação e condicionamento de ar (*Heating, Ventilation and Air-Conditioning* – HVAC). Enquanto alguns dispositivos de ventilação estão ociosos, suas aberturas também podem funcionar como uma rede de canais através dos quais a fumaça se moverá sob a influência das forças de fluatibilidade (particularmente o efeito chaminé em edifícios altos) e pela influência do vento. Isso propiciará a propagação dos efeitos por toda a edificação, aumentando seus resultados caso os sistemas que compõem o HVAC estejam ativados assim que o fogo se iniciar. Se isso for prejudicial para o funcionamento do sistema como um todo, o desligamento automático pode ser uma saída para evitar que isso ocorra – por meio de dispositivos como a ativação / desativação por detectores de fumaça. Sabe-se, porém, que o aumento da automação pela probabilidade excessiva de situações de falhas no sistema acarreta custos e nem sempre garante seu funcionamento correto quando solicitado – em virtude da falta de manutenção.

Portanto, pode-se inferir que, em razão de lidar com o estudo do comportamento dos gases quentes e da fumaça – um fluido suscetível, a todo tempo, a interferências de variações de temperatura e uma movimentação incerta –, o assunto é bastante complexo e grande o número de variáveis

envolvidas, tornando as análises, em geral, muito simplificadas. A fim de auxiliar estes estudos, tem-se ao alcance dos interessados uma gama de softwares de análise do controle do fluxo de fumaça – a fluidodinâmica computacional.

Vale lembrar que a representação por meio de simulações dá-se por modelos matemáticos, os quais recebem variáveis de entrada próprias de cada software e fazem os cálculos necessários para alcançar os resultados. Justamente por funcionar deste modo que uma simulação não será capaz de reproduzir fielmente 100% do comportamento que ocorrerá no mundo real. A confiança do usuário destes softwares se desenvolve ao longo do tempo, com o uso recorrente em diversos projetos para que use da sua experiência profissional para avaliar os resultados obtidos.

### 3 SISTEMAS DE CONTROLE DE FUMAÇA

O conceito do Sistema de Controle de Fumaça é interpretado pela literatura de modo bastante amplo, principalmente por autores estrangeiros. A *National Fire Protection Association* (NFPA) – Associação Nacional de Proteção contra Incêndios e Pânico, dos Estados Unidos da América –, na norma que trata do assunto, entende-o como um “sistema desenvolvido que inclui todos os métodos que podem ser usados isoladamente ou combinados para alterar o movimento da fumaça.” (NFPA 92, 2015, p. 6, tradução nossa)

Já Brentano (2007, p. 284) detalha que o termo é usado para designar o sistema capaz de confinar a fumaça e os gases quentes, sob determinadas condições, na porção superior dos ambientes, fazendo uso de barreiras como vigas, painéis ou cortinas. Com isso, forçam a circulação da fumaça por caminhos predeterminados, como dutos ou “*shafts*”, por meios naturais ou mecânicos, para o lado exterior da edificação por aberturas de extração específicas.

De acordo com Logan (2014, p. 10, tradução nossa), tal sistema diferencia-se da ventilação do combate a incêndio, a qual apenas faz uso de equipamentos (mecânica) de ventilação ou criando aberturas (natural) para auxiliar as operações de combate, permitindo que os bombeiros retirem ou minimizem a fumaça no interior da edificação, muitas vezes depois que o incêndio já foi extinto. Esse tipo de extração da fumaça possui alcance limitado para a etapa de evacuação do edifício.

Portanto, pode-se entender que o Sistema de Controle de Fumaça refere-se ao conjunto de dispositivos e mecanismos pensados para confinar ou orientar o fluxo de fumaça e gases provenientes da combustão, expulsando-os dos espaços restritos ou confinados que originam os incêndios para liberá-los, de modo controlado, ao ambiente externo; além de manter o desempenho adequado dos compartimentos protegidos da fumaça.

A proteção à vida humana é objetivo primordial de quaisquer dos sistemas preventivos para uma edificação. Porém, ao tratar de modo mais específico, percebe-se que as razões para a adoção dos sistemas de controle de fumaça são bastante abrangentes. A NFPA 92 (2015, p. 4, tradução nossa) – *Standard for Smoke Control Systems* – pontua que se deve escolher por um ou mais dentre os seguintes propósitos:

- Inibir a entrada da fumaça em compartimentos protegidos como caixa

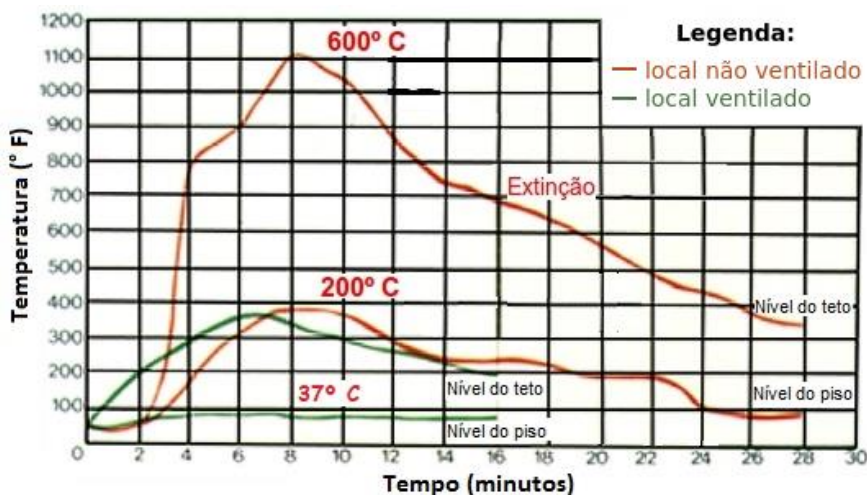


de escadas, rotas de fuga, áreas protegidas da fumaça, dutos de elevadores ou áreas similares;

- Manter um desempenho aceitável dos ambientes que servirão de rota de saída das pessoas até determinado tempo limite para sua evacuação;
- Inibir a transferência da fumaça das áreas que ela surge;
- Prover condições fora da zona de fumaça que possibilite acesso das equipes de emergência para efetuar operações de busca e salvamento, bem como localização e combate ao foco do incêndio (baixando a temperatura do ambiente e otimizando a visibilidade durante a operação);
- Contribuir para a proteção da vida e redução de perdas patrimoniais.

São aspectos que tecnicamente, por si só, bem refletem as razões para adotar o controle de fumaça em uma edificação. Além disso, a diminuição dos níveis de temperatura em um ambiente com o sistema instalado é notável. Logan (2014, p. 16, tradução nossa) explica que, a partir de testes em escala real efetuados em 1966 nas instalações de 200 m<sup>2</sup> da *Victoria Barracks*, em *Portsmouth* (Inglaterra), estudiosos do assunto perceberam o quão eficaz era o efeito da exaustão da fumaça a partir de um sistema de controle, como pode ser observado no gráfico 1.

Gráfico 1- Resultados de temperatura do teste de Portsmouth



Fonte: adaptado de Logan (2014, p. 17)

Os resultados sobre o comportamento de incêndios em locais com ventilação (verde) e não ventilados (alaranjado) mostraram o que os pesquisadores esperavam. Sensores de temperatura colocados no nível mais alto e no mais baixo da edificação mostraram que, ao não ser ventilado, na parte superior do ambiente o incêndio produziu temperaturas da ordem de mais de 500° C – nível mais alto que o ponto de fusão do aço, o que é determinante para afetar a cobertura da edificação, por exemplo. Já em condições ventiladas, o autor explica que a temperatura no mesmo ponto foi mensurada em 200° C, um nível ainda alto, mas relativamente muito mais benéfico às condições de integridade do ambiente. Não obstante, a

temperatura no nível mais baixo (na altura das pessoas), que era de 200° C no primeiro teste passou para 35° C no segundo.

### 3.1 FUNDAMENTOS DO SISTEMA

A seguir, alguns princípios a serem exaltados para orientar os projetistas, instaladores, enfim, os usuários de um sistema adequado para o funcionamento, conforme recomendações quanto a estudos da área sobre a Segurança contra Incêndio e Pânico.

#### 3.1.1 Trocas no fluxo de ar

Com base no apresentado no item 2 deste trabalho, é sabido que a mistura de gases quentes e fumaça tem propriedades específicas, mas se comporta como um gás. Para movimentá-lo, de maneira efetiva, deve-se criar um fluxo, viabilizando o funcionamento de um sistema de controle de fumaça. Um dos princípios concernentes ao projeto dos sistemas, portanto, é permitir a entrada de ar para preencher o espaço que a mistura de gases ocupava. Logan (2011, p. 1, tradução nossa) ilustra esse fenômeno, lembrando que, ao tentar esvaziar a água de uma garrafa plástica na pia, ela demora um certo tempo – ver figura 6 a seguir. Esse período tem relação direta com a capacidade de entrada de ar no interior da garrafa para ocupar o espaço anteriormente ocupado pelo líquido (preenchendo o vácuo).

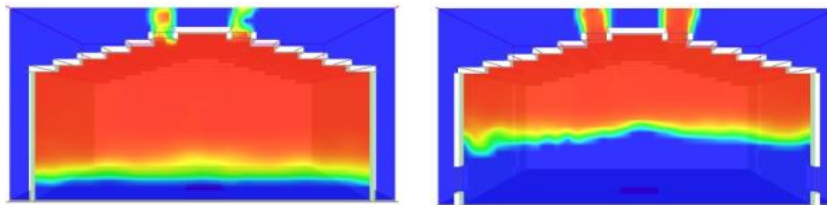
O autor completa afirmando que tal efeito ocorre com a extração de fumaça, calor ou ar do interior de um espaço fechado. Caso não entre ar atmosférico para substituir o que se está tentando retirar, nada se moverá. Logo, não basta instalar um sistema de extração de fumaça e calor, é necessário um caminho para a entrada de ar, como ilustrado na figura 7. Além disso, assim que a fumaça quente é extraída por um dispositivo, o ar frio é captado para substituí-la. Caso isso tenha que ser feito pelo mesmo equipamento, sua eficiência reduzirá drasticamente, como o bocal da garrafa plástica funcionou no exemplo citado anteriormente. Não bastasse, ao fazer com que o ar de exaustão quente se misture com o ar frio, o plano neutro é perturbado e arrefecido, aumentando o volume de fumaça, diminuindo sua fluabilidade e atrapalhando muito as condições do ambiente para uma evacuação segura dos ocupantes ou o combate pelos bombeiros.

Figura 6: Água saindo da garrafa plástica



Fonte: Logan (2011, p. 1)

Figura 7: Simulação do efeito de aberturas para entrada de ar de mesmas dimensões das aberturas de saída



Fonte: Logan (2011, p. 1)

### 3.1.2 Oferta de ar adequada para a quantidade de fumaça

Além de promover a circulação de ar pela edificação, o sistema de controle de fumaça deve levar em conta a quantidade de ar a ser insuflada dentro da edificação. Langford (2016, p. 1, tradução nossa) afirma que “se não houver entrada de ar suficiente, isso pode levar a uma pressão negativa dentro do prédio e, portanto, várias coisas podem acontecer: a sujeira pode ser tragada; caso ocorra um processo de combustão, o monóxido de carbono pode se acumular; as temperaturas podem subir excessivamente.” São, pois, efeitos a serem evitados, já que prejudicam o funcionamento do sistema como um todo. Propiciar a entrada da quantidade adequada de ar limpo também significa que ele tenha uma velocidade apropriada. Cunha e Martinelli Jr. (2008, p. 273) lembram também que “a velocidade da entrada de ar deve ser inferior a 5 m/s, já que uma velocidade superior pode atrapalhar a evacuação.”

### 3.1.3 Existência de aberturas para a extração da fumaça

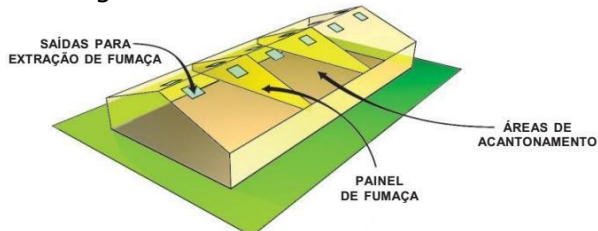
O ponto básico para o funcionamento de um Sistema de Controle de Fumaça consiste na presença de aberturas adequadas para a extração da mistura de gases quentes e fumaça. Brentano (2007, p. 288) elenca os tipos mais utilizados: nas fachadas; no teto ou telhado; por chaminés; por grelhas de extração de fumaça em dutos; por dutos propriamente ditos e peças especiais; e por registros corta-fogo e de fumaça. Além disso, o autor ressalta que tais aberturas devem ser instaladas na zona enfumaçada, no teto ou no ponto mais alto possível junto ao teto dos ambientes projetados.

### 3.1.4 Compartimentação e acantonamentos

Quanto à compartimentação, a IN 001 do CBMSC (Da Atividade Técnica) descreve o seguinte conceito: “medida de proteção passiva, separando ambientes, constituída de elementos de construção corta-fogo, destinados a isolar o incêndio e evitar ou minimizar a propagação do fogo, calor e gases.” Na prática, ela objetiva que a fumaça fique confinada em espaços adequados e

destinados para isso, com os respectivos dispositivos do sistema de controle que se encarregarão de conduzi-la ao meio externo. Tais locais são as chamadas áreas de acantonamento – ver figuras 8 e 9 a seguir.

Figura 8: Áreas de acantonamento



Fonte: CBPMESP (2011, p. 325)

Figura 9: Painéis de fumaça



Fonte: Franco (2017, p. 29)

Para um funcionamento adequado, Brentano (2007, p. 291) elenca algumas exigências para os painéis de fumaça em uma edificação: altura compatível com a altura da camada de fumaça do ambiente conforme o sistema de controle de fumaça projetou para o espaço; incombustibilidade, com resistência ao fogo igual ou superior à do material da cobertura; e em caso de abertura ou duto passante os painéis devem ter mecanismos de fechamento automático integrados ao sistema de controle de fumaça.

### 3.1.5 Grelhas, dutos e acessórios

Compondo um sistema de condução de gases quentes e fumaça para o ambiente externo, o sistema conta com alguns dispositivos com entradas ou saídas em formato de grelhas. A fim de preservar a integridade do sistema, as grelhas dos mecanismos devem permanecer fechadas, sendo acionadas apenas quando acionadas. Além disso, conforme o CBPMESP (2011, p. 327), para viabilizar o sistema, o conjunto de diferentes materiais que as compõe deve ser incombustível.

O autor orienta que os dutos de todo o sistema devem ser adaptados para as características do fluxo de gases quentes e fumaça que podem vir a circular em seu interior. As juntas e o selamento devem estar devidamente preparados para suportar as variações térmicas a que os mecanismos estão sujeitos. A fim de evitar a turbulência do gás no interior do duto, as tubulações verticais devem minimizar ao máximo o número de desvios e, caso sejam necessários, com pequenos ângulos. Já quanto aos materiais para construí-los, sugere-se alvenaria, gesso acartonado e chapas metálicas – desde que adequados quanto às suas respectivas normas técnicas e à IN 018 do CBMSC (Controle de materiais de revestimento e acabamento).

Para o funcionamento do sistema e o controle setorizado dos dutos, o CBPMESP (2011, p. 328) recomenda que, ao atravessarem algum local de risco (uma parede de compartimentação ou laje entre pavimentos compartimentados, por exemplo), os dutos devam contar com a instalação de registros corta fogo e fumaça (*dampers*) integrados com o restante do sistema.

### 3.1.6 Locais que precisam do sistema

Estudiosos do assunto afirmam que existem alguns tipos de edificações que necessitam de um cuidado adicional quanto ao comportamento da propagação de gases quentes e fumaça em incêndios. O quadro 1 a seguir elenca os locais que, de forma genérica, devem ter previsão isolada ou conjunta para contarem com o sistema de controle de fumaça:

Quadro 1: Ambientes que necessitam de sistemas de controle de fumaça

Espaços amplos (grandes volumes)	Locais que, em função de suas dimensões ou uso pelos ocupantes, podem vir a gerar complicações quanto à dinâmica da fumaça dentro dos ambientes. Os ditos espaços amplos, como, por exemplo, grandes pavilhões, espaços únicos, edificações térreas, grandes áreas isoladas em um único pavimento (em geral, shopping centers). A compartimentação nestes ambientes é essencial para buscar a divisão do grande ambiente em vários espaços menores, de modo a confinar a fumaça em determinadas áreas, sem que se alastre.
Átrios, malls e corredores	Amplos espaços criados por um andar aberto ou uma série sucessiva deles conectando dois ou mais pavimentos da edificação. Muito característicos de construções como shopping centers ( <i>malls</i> ) ou edifícios comerciais, são elementos que exigem cuidado especial, já que podem permitir (pela convecção, principalmente) a propagação rápida – dos gases quentes e fumaça – de modo generalizado, nos outros pavimentos diferentes do foco inicial.
Rotas de fuga horizontais	O sistema pode ter a extração dos gases quentes e fumaça de modo natural ou mecânico. No primeiro caso, as aberturas devem estar a distâncias determinadas umas das outras para proporcionar o fluxo de ar de modo adequado, passando pelo interior da edificação, sem que promova a estagnação da atmosfera tóxica e a conseqüente queda no plano neutro. No segundo caso não é diferente, apenas com alguns parâmetros diferenciados em razão dos equipamentos envolvidos.
Subsolos	Destaca-se que, em razão da configuração do pavimento, deve-se ter padrões mais rígidos de controle, com quantidade considerável de aberturas para extração, a ponto da exaustão mecânica dever ser dimensionada para executar, no mínimo, 10 trocas do volume de ar do ambiente protegido a cada hora.

Fonte: adaptado de Brentano (2007, p. 286); IT 15-1 (CBPMESP, 2011, p. 316); IT 15-2 (CBPMESP, 2015, p. 325); IT 15-6 (CBPMESP, 2011, p. 380)

Ocorre que, conforme a categorização de ocupações dos imóveis adotada pelo CBMSC, disposta no Art. 115 da IN 001, fica o questionamento de como adequar a classificação das edificações que precisam de sistemas de controle de fumaça. A verdade é que praticamente todas as ocupações elencadas nesta instrução normativa (dadas as particularidades de cada uma) podem necessitar de tal sistema. Destacam-se as ocupações do tipo reunião de público, pois fazem jus a sistemas preventivos mais robustos em razão do seu uso. O pânico gerado em edificações desta natureza, quando da ocorrência de sinistros, é bastante significativo, o que pede uma atenção especial tanto aos responsáveis técnicos que elaboram os projetos e executam as instalações, como aos fiscalizadores – no caso, o CBMSC.

### 3.1.7 Automação e controle

Por contar com tantos dispositivos funcionando de modo sincronizado, faz-se necessária (principalmente nos sistemas ativos) a existência de um conjunto confiável de automação e controle, para dar o suporte adequado a todo o funcionamento do sistema de controle de fumaça.

Em relação à sua ativação automática, Turnbull (2012, p. 203, tradução nossa) afirma que, em virtude do funcionamento se basear em determinadas zonas para a extração de fumaça e em outras zonas permanecerem fechadas ou aspirarem o ar limpo do exterior para o interior da edificação, os dispositivos podem inviabilizar a estratégia programada para o controle de fumaça. Um exemplo de sistema que pode vir a enganar o conjunto é o uso das botoeiras manuais de alarme de incêndio, pois um ocupante pode vir a acionar uma delas apenas após começar a evacuação, em local diverso de onde o foco do incêndio se encontra. As informações do local do fogo seriam incorretas, a fumaça seria “combatida” no local equivocado e, com isso, todo o sistema seria em vão. Apenas ativando dispositivos que permitem a resposta de forma idêntica a todos os sinais de ativação, vindo de qualquer lugar da edificação, seria possível uma resposta global, apropriada.

De acordo com Brentano (2007, p. 293), os sistemas de comando automáticos, além de terem sempre comandos manuais alternativos (preponderante em relação os automáticos), devem proporcionar: a abertura dos registros ou dos exaustores naturais do local ou da circulação onde acontece o fogo; a partida dos exaustores utilizados no sistema, mas somente após a abertura dos registros de introdução de ar e de extração de fumaça na área de ação do fogo; e a interrupção das operações dos sistemas de ventilação ou de tratamento de ar (quando existirem) – ar-condicionado, por exemplo.

Dadas as características de separação por zonas e tipos de controle existentes, a quantidade de combinações possíveis dos acionamentos do sistema de controle de fumaça pode ser muito grande (dependendo das condições da edificação em questão), bem como as suas respostas correspondentes. O autor complementa esclarecendo que existem, portanto, os chamados planos de ativação. Por definição, eles ficam a cargo do projetista do sistema, seguindo parâmetros como a zona de incêndio associada ao sinal de ativação; o tipo de sinal de ativação (detecção de fumaça, fluxo de água, etc.); as zonas de exaustão da fumaça; as zonas de entrada de ar limpo; os ventiladores, exaustores e *dampers* que devem estar ligados e desligados.

Pela complexidade do funcionamento, Turnbull (2012, p. 205, tradução nossa) recomenda que tais planos de ativação sejam desenvolvidos e incluídos na documentação dos projetos. Mesmo não sendo especificamente exigidos, podem auxiliar proprietários ou operadores do sistema a compreender seus detalhes, em prol de uma operação mais segura e efetiva.

### 3.2 TIPOS DE SISTEMA

Os sistemas de controle de fumaça dependem do fluxo de ar dentro da edificação e podem ser divididos em dois tipos básicos, de acordo com:

- o modo como a fumaça confinada na edificação é contida ou expulsa;

- o modo como o ar limpo é succionado para dentro da edificação.

### 3.2.1 Ventilação Natural de Extração

Método puramente passivo, fundamenta-se, basicamente, conforme Cunha e Martinelli Jr. (2008, p. 262), na movimentação do ar pelas forças naturais, mais especificamente pelo interior da edificação. Os autores completam descrevendo que, nesses casos, o fluxo de ar depende de fatores como a diferença de temperatura interna e externa da edificação, da altura das entradas de ar e das aberturas de exaustão, da convecção do calor ascendente e da velocidade e direção dos ventos no local – temas discutidos anteriormente neste trabalho.

Com grande uso na Europa, seu funcionamento deve possuir autonomia considerável, além de possibilitar a ventilação natural no dia a dia e, em geral, apresentar custos de manutenção e instalação menores que os de outros tipos. Ademais, Sieben (2014, p. 88) ressalta que, na extração natural de fumaça, a largura do ambiente a ser protegido pode ser até duas vezes maior que sua altura a fim de manter o bom desempenho do sistema.

Podem ser compostos por diversos tipos de aberturas para entrada de ar (desde que localizadas na parte inferior da edificação e dimensionadas para atender ao sistema quando necessárias): portas, janelas, escadas ao ar livre. E a retirada do volume de gases quentes e fumaça, por sua vez, se dá por aberturas na porção superior da edificação: janelas, vãos, claraboias.

### 3.2.2 Ventilação Monitorada

Também compreendida como ventilação mecanizada, conforme descrita por Cunha e Martinelli Jr. (2008, p. 263), faz uso de equipamentos para impor um fluxo orientado de ar pela edificação, os insufladores de ar, e outros para a extração da fumaça, os exaustores.

Possui grande uso em edificações altas e em amplos estacionamentos. O dimensionamento dos equipamentos é feito com base no volume de ar contido no ambiente a ser protegido, devendo efetuar um número mínimo de trocas desse volume em um intervalo de uma hora para o conjunto vir a ser considerado eficiente. Brentano (2007, p. 291) destaca que depende bastante do modo como a edificação se encontra compartimentada, dividida em áreas de acantonamento, evitando as chamadas zonas mortas de fumaça. Além disso, na ocasião de um incêndio, ressalta que os dispositivos de abertura de extração devam poder ser controlados, bem como o fechamento de aberturas adjacentes para criar os diferenciais de pressão e extrair a fumaça.

Estes sistemas são compostos por mecanismos de entrada de ar específicos, como os insufladores de ar. Já os de extração da fumaça, mais conhecidos, são os conjuntos formados por grelhas, dutos, exaustores, ventiladores, todos projetados para cumprir a função de manter o ambiente em melhores condições.

### **3.2.3 Ventilação tipo Mista**

Por definição, podem-se enquadrar nessa categoria os sistemas que conjugam o uso das técnicas dos sistemas ativos e passivos. São os conjuntos com captação natural e exaustores (natural / forçada). Fernandes (2008, p. 14) indica que, no geral, são sistemas que seriam globalmente mais eficazes caso adotassem soluções exclusivamente passivas ou ativas, apesar de serem uma opção possível para os projetistas de sistemas de controle de fumaça, podendo ser útil em situações particulares.

## **4 CONCLUSÃO**

A pesquisa, de modo geral, buscou aprofundar os estudos sobre a ação da fumaça e seu comportamento nos incêndios em edificações, causa principal de tantas fatalidades nas ocorrências. A partir disso, os objetivos descritos foram alcançados ao ser desenvolvido um referencial sobre os sistemas de controle de fumaça de modo geral e especificamente sobre cada tipo de sistema, demonstrando seu potencial como ferramenta que auxilia na prevenção de sinistros, evacuação de vítimas, proteção do patrimônio e do meio ambiente. Além disso, com base nos estudos, identificou-se os principais atributos que um sistema desse tipo deve ter para atender às solicitações de um incêndio e orientar o CBMSC na elaboração de uma normatização atinente ao tema. Compreender não só o porquê ou a importância de um estudo com esse propósito, mas aprofundar as pesquisas ao reunir informações técnicas específicas do funcionamento dos sistemas foi bastante construtivo.

Este documento pode auxiliar a entender melhor o impacto da adoção dos sistemas de controle de fumaça na Doutrina de Segurança contra Incêndio e Pânico, propiciando a elaboração de uma Instrução Normativa própria e dedicada ao assunto. Além disso, mostram-se válidos estudos futuros de como as outras normas do CBMSC seriam impactadas pela adoção dos sistemas de controle de fumaça, de modo a propor um funcionamento cooperativo dos sistemas – tudo em prol da segurança do usuário.



## REFERÊNCIAS

ANDERSON, Erik; STERANKA, Kristin. Smoke control system: Inspection, Testing and Maintenance. **Fire Protection Engineering**, set-dez. 2016.

BILUK, Edson Luiz, et al. **Apostila do Curso de Inspetores de Incêndio Nível I**. Florianópolis: DAT / CBMSC, 2011.

BRENTANO, Telmo. **A Proteção contra incêndios no Projeto de Edificações**. 1. ed.: Porto Alegre, 2007.

BRENTANO, Telmo; ESTEVAM, Eduardo. Anexo I. In: CONSELHO REGIONAL DE ENGENHARIA E AGRONOMIA DO RIO GRANDE DO SUL. **Relatório Técnico: Análise do sinistro na boate Kiss, em Santa Maria/RS**. Porto Alegre: 2013. Disponível em: <<http://www.crea-rs.org.br/site/documentos/documentos10/RELATO RIO%20COMISSAO%20ESPECIAL%20FINAL.pdf>>. Acesso em 04 jun. 2018.

BRASIL. **Lei n. 13425**, de 30 de março de 2017. Estabelece diretrizes gerais sobre medidas de prevenção e combate a incêndio e a desastres em estabelecimentos, edificações e áreas de reunião de público; altera as Leis nº 8.078, de 11 de setembro de 1990 (Cód. Consumidor), e 10406, de 10 de janeiro de 2002 – Código Civil; e dá outras providências. Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2015-2018/2017/lei/L13425.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2015-2018/2017/lei/L13425.htm)>. Acesso em 25 jun. 2018.

CORPO DE BOMBEIROS MILITAR DE SANTA CATARINA. Centro de Ensino Bombeiro Militar. **Manual do Curso de Formação de Combate a Incêndios**. Florianópolis: CEBM, 2016.

CORPO DE BOMBEIROS MILITAR DE SANTA CATARINA. **Instrução Normativa nº 001 – Da Atividade Técnica**. DAT: CBMSC, 2015. Disponível em: <<http://www.cbm.sc.gov.br/dat/index.php/instrucoes-normativas-in>>. Acesso em: 10 jun. 2018.

CORPO DE BOMBEIROS MILITAR DE SANTA CATARINA. **Instrução Normativa nº 018 – Controle de Materiais de Revestimento e Acabamento**. DAT: CBMSC, 2016. Disponível em: <<http://www.cbm.sc.gov.br/dat/index.php/instrucoes-normativas-in>>. Acesso em: 01 jun. 2018.

CORPO DE BOMBEIROS DA POLÍCIA MILITAR DE SÃO PAULO. **Instrução Técnica nº 002 – Conceitos básicos de segurança contra incêndio**. São Paulo: CBEPMS, 2011. Disponível em: <<http://www.ccb.policiamilitar.sp.gov.br/icb/index.php/legislacao/>>. Acesso em: 06 jun. 2018.

CORPO DE BOMBEIROS DA POLÍCIA MILITAR DE SÃO PAULO. **Instrução Técnica nº 015 – Controle de fumaça (Partes 1 a 8)**. São Paulo:

CBEPMSP, 2015. Disponível em:

<<http://www.ccb.policiamilitar.sp.gov.br/icb/index.php/legislacao/>>. Acesso em: 05 jun. 2018.

CUNHA, Luiz C. Leitão da; MARTINELLI JR, Romeu H. Sistema de Controle de Fumaça. In: SEITO, Alexandre Itiu et al. **A Segurança contra incêndio no Brasil**. São Paulo: Projeto Editora, 2008.

DEL CARLO, Ualfrido. Prefácio. In SEITO, Alexandre Itiu et al. **A Segurança contra incêndio no Brasil**. São Paulo: Projeto Editora, 2008.

DRYSDALE, Dougal. **An Introduction to Fire Dynamics**. 3. ed.: Wiley, 2011.

FERNANDES, Miguel Alexandre Pinelo. **Desenfumagem (controlo de fumo) em edifícios de grande extensão**. 2008. 147 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil – Especialização em Construção Civil) – Faculdade de Engenharia – Universidade do Porto, Portugal, 2008.

FRANCO, Daniel. **Controle de Fumaça em Portugal - o que diz a lei**. Agosto, 2017.

FRANCO, Daniel. **Exuvent: soluções de controle de fumaça, ventilação e iluminação naturais**. Setembro, 2017.

GIL, Antônio Carlos. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 4. ed. São Paulo: Atlas, 2002.

LANGFORD, Paul. **Considering the sources of inlet air to ensure effective ventilation in your factory**. Novembro, 2016. Disponível em: <<https://blog.colinfo.co.uk/considering-the-sources-of-inlet-air-to-ensure-effective-ventilation-in-your-factory>>. Acesso em: 01 jun. 2018.

LOGAN, Conor. **Principles of smoke control**: For smoke to get out, air must come in. Setembro, 2011. Disponível em: <<https://blog.colinfo.co.uk/blog/bid/97884/Principles-of-smoke-control-For-smoke-to-get-out-air-must-come-in>>. Acesso em: 01 jun 2018.

LOGAN, Conor. **Colt CPD Technical Seminar**: General Principles of Smoke Control. Disponível em: <<https://blog.colinfo.co.uk/general-principles-of-smoke-control-webinar>>. Acesso em: 25 jun. 2018.

MARCONI, Maria de Andrade; LAKATOS, Eva Maria. **Fundamentos de metodologia científica**. 5. ed. São Paulo: Atlas 2003.

MITIDIERI, Marcelo Luis. O comportamento dos materiais e componentes construtivos diante do fogo – Reação ao Fogo. In: SEITO, Alexandre Itiu et al. **A segurança contra incêndio no Brasil**. São Paulo: Projeto Editora, 2008.

NAKAMURA, Juliana. Fogo contido: domínio do comportamento dos materiais e correta especificação de equipamentos de segurança reduzem riscos e prejuízos em situações de incêndio. **Techne**, março, 2007. Disponível em: <<http://techne.pini.com.br/engenharia-civil/120/artigo287426-1.aspx>>. Acesso em: 22 jun. 2018.

NATIONAL FIRE PROTECTION ASSOCIATION. **NFPA 92**: Standard for Smoke Control Systems. NFPA, Quincy Massachusetts, 2015.

SANTA CATARINA (Estado). Constituição (1989). **Constituição do Estado de Santa Catarina**. Disponível em: <[http://www.alesc.sc.gov.br/portal/legislacao/constituicao\\_estadual.php](http://www.alesc.sc.gov.br/portal/legislacao/constituicao_estadual.php)>. Acesso em: 22 jun. 2018.

SANTA CATARINA (Estado). **Lei nº 16.157**, de 7 de novembro de 2013. Dispõe sobre as normas e os requisitos mínimos para a prevenção e segurança contra incêndio e pânico e estabelece outras providências. Disponível em: <[http://www.cbm.sc.gov.br/dat/images/arquivo\\_pdf/Leis/Lei\\_16157\\_2013\\_poder\\_de\\_%20Polcia\\_CBMSC\\_corrigido.pdf](http://www.cbm.sc.gov.br/dat/images/arquivo_pdf/Leis/Lei_16157_2013_poder_de_%20Polcia_CBMSC_corrigido.pdf)>. Acesso em: 20 jun. 2018.

SANTUCCI, Jô. Incêndio na Boate Kiss: uma tragédia evitável? **CREA-RS**. Porto Alegre, n. 95, mar./abr., 2013.

SEITO, Alexandre Itiu. Fundamentos de Fogo e Incêndio. In: SEITO, Alexandre Itiu et al. **A segurança contra incêndio no Brasil**. São Paulo: Projeto Editora, 2008.

SIEBEN, Monique. **Prevenção e Segurança contra Incêndio: legislação, normas e instruções técnicas para extração e controle de fumaça**. 2014. 109 f. Monografia (Graduação em Engenharia Civil) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2014.

TURNBULL, Paul G. Controls. In: KLOTE, John H. **Handbook of Smoke Control Engineering**. ASHRAE, 2012.