UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
ESCOLA DE ENGENHARIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL

Monique Sieben

PREVENÇÃO E SEGURANÇA CONTRA INCÊNDIO: LEGISLAÇÃO, NORMAS E INSTRUÇÕES TÉCNICAS PARA EXTRAÇÃO E CONTROLE DE FUMAÇA

Porto Alegre
julho 2014

MONIQUE SIEBEN

PREVENÇÃO E SEGURANÇA CONTRA INCÊNDIO: LEGISLAÇÃO, NORMAS E INSTRUÇÕES TÉCNICAS PARA EXTRAÇÃO E CONTROLE DE FUMAÇA

Trabalho de Diplomação apresentado ao Departamento de Engenharia Civil da Escola de Engenharia da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, como parte dos requisitos para obtenção do título de Engenheiro Civil

Orientador: Dario Lauro Klein Coorientador: Jacinto Manuel Antunes de Almeida

Porto Alegre

julho 2014

MONIQUE SIEBEN

PREVENÇÃO E SEGURANÇA CONTRA INCÊNDIO: LEGISLAÇÃO, NORMAS E INSTRUÇÕES TÉCNICAS PARA EXTRAÇÃO E CONTROLE DE FUMAÇA

Este Trabalho de Diplomação foi julgado adequado como pré-requisito para a obtenção do título de ENGENHEIRO CIVIL e aprovado em sua forma final pelo Professor Orientador e pela Coordenadora da disciplina Trabalho de Diplomação Engenharia Civil II (ENG01040) da Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

Porto Alegre, 16 de julho de 2014

Profº Dario Lauro Klein
Mestre pela UFRGS
Orientador

Engº Civil Jacinto M. A. de Almeida
Mestre pela UC
Coorientador

Profª Carin Maria Schmitt
Drª pelo PPGA/UFRGS
Coordenadora

BANCA EXAMINADORA

Profº Dario Lauro Klein (UFRGS)
Mestre pelo PPGEC/UFRGS

Engº Civil Jacinto M. A. de Almeida (UFRGS)
Mestre pela Universidade de Coimbra

Engª Civil Renata Batista Lucena
Mestre pelo PPGEC/UFRGS

Major Eduardo Estevam C. Rodrigues (BM/RS)
Mestre pelo PPGEC/UFRGS

Dedico este trabalho aos meus pais, Marcos Antonio e Marí Ione Sieben, pelo incansável apoio e ao meu filho Bernardo, por ser o motivo de todos os meus esforços.

AGRADECIMENTOS

Agradeço ao Profº Dario Lauro Klein (orientador) por despertar, através de suas aulas, o gosto por uma área da engenharia, a de incêndios, que tem imensa importância e necessita de atenção especial. Agradeço ao Engº Jacinto Manuel Antunes de Almeida (coorientador) pela colaboração, paciência e entusiasmo ao me orientar neste trabalho de conclusão de curso, que, juntamente com o professor Dario, transmitiu seus conhecimentos e instigou a busca de conhecimento na área de incêndios. Agradeço a Engª Renata Batista Lucena pelo apoio e incentivo na escolha do tema deste trabalho de conclusão, bem como a ajuda na coleta de materiais bibliográficos para a elaboração do mesmo. Agradeço à professora Carin Maria Schmitt, pela disponibilidade e dedicação para a realização deste trabalho.

Agradeço ao corpo docente da Escola de Engenharia da UFRGS, por contribuírem para a minha formação acadêmica. Em especial, agradeço aos amigos e professores Ruy Carlos Ramos de Menezes, Miguel Aloysio Sattler, Washington Peres Nunez e Roberto Domingo Rios, pelos quais tenho admiração não só pelas excelentes aulas oferecidas, que incentivaram o gosto pelo curso de Engenharia Civil, mas pelo carinho que recebi durante a vida universitária, principalmente durante o período em que me tornei mãe e pude contar com a compreensão e cooperação para que eu não interrompesse meu curso.

Agradeço aos meus amigos que estiveram presentes na minha vida acadêmica sempre me apoiando e me dando forças para que eu nunca desistisse dos meus objetivos. Agradeço aos colegas de faculdade pela companhia nas muitas madrugadas de estudo para conclusão desse curso. Em especial, agradeço à colega Fernanda Ribas Tweedie de Mattos pela amizade e companhia durante toda vida acadêmica.

Por fim, agradeço a minha família, principalmente meu pai Marcos Antonio Sieben e a minha mãe Marí Ione Sieben, que além da dedicação, carinho e amor, sempre foram meus exemplos, e nunca mediram esforços para me apoiar em todas as decisões da minha vida, sendo a base para que tudo se concretizasse da melhor forma. E, agradeço ao meu amado filho Bernardo Sieben Moraes por ter dado um sentido especial a minha vida.

O sucesso é ir de fracasso em fracasso sem perder o entusiasmo.

Winston Churchill

RESUMO

Este trabalho aborda a importância do controle e extração de fumaça, dentro do âmbito da Segurança Contra Incêndio em Edificações (SCIE), tendo em vista que, de acordo com a bibliografia especializada, a maioria das mortes (80%), em caso de incêndio, é ocasionada por gases e fumaça. Apresentam-se definições e conceitos gerais sobre incêndio e fumaça em edificações urbanas. São apresentados os principais componentes de sistemas de gestão de fumaça, para diferentes tipos de edificações. São enumeradas as principais normas nacionais e internacionais assim como as principais instruções técnicas brasileiras, referentes ao tema, e se procede à comparação do panorama atual em termos de regulamentação nacional e internacional. É possível concluir que no Brasil não existe uma regulamentação padronizada em Segurança Contra Incêndio em Edificações. De forma geral, a regulamentação brasileira para gestão de fumaça é escassa e na falta de normas nacionais utiliza-se as normas internacionais. Por outro lado, no Brasil, utilizam-se as instruções técnicas do Corpo de Bombeiros, principalmente, as de São Paulo, que são as mais completas quanto às especificações para componentes de sistemas de controle e extração de fumaça em edificações e são adaptadas em diversos estados no Brasil. Apesar dos avanços recentes, o número de normas em SCIE no Brasil, precisa ser rapidamente ampliado.

Palavras-chave: Controle e Extração de Fumaça. Segurança Contra Incêndio em Edificações. Regulamentação.

FIGURAS

Figura 1 – Diagrama das etapas de pesquisa 23
Figura 2 – Boate Kiss 27
Figura 3 – Fumaça espessa e escura produzida pela espuma de poliuretano 28
Figura 4 – Detalhe da localização da camada de espuma 29
Figura 5 – Triângulo do Fogo 33
Figura 6 – Tetraedro do Fogo 33
Figura 7 – Fumaça Branca 45
Figura 8 – Fumaça Cinza Claro 46
Figura 9 – Fumaça Preta 46
Figura 10 – Fumaça Cinza Escuro 47
Figura 11 – Fumaça Amarela/Vermelha 47
Figura 12 – Alastramento da fumaça em 50 segundos 48
Figura 13 – Classificação de materiais quanto à formação de fumaça e gases 59
Figura 14 – Fumaça a extrair por compartimentação de área 75
Figura 15 – Extração inadequada de fumaça 76
Figura 16 – Extração com diferencial de pressões 76
Figura 17 – Controle de fumaça em escadas pressurizadas 79
Figura 18 – Extração natural de fumaça com entrada natural de ar – escada 81
Figura 19 – Entrada de ar no acantonamento de áreas adjacentes 82
Figura 20 – Grelha metálica para admissão de ar 83
Figura 21 – Veneziana para admissão de ar 83
Figura 22 – Veneziana para saída de fumaça 84
Figura 23 – Claraboia ou alçapão de saída de fumaça 84
Figura 24 – Registro Corta-fogo e fumaça (*dumper*) 85
Figura 25 – Extração de fumaça e entrada de ar utilizando *dumper* 86
Figura 26 – Extração natural de fumaça com entrada mecânica de ar 86
Figura 27 – Extração mecânica de fumaça 87
Figura 28 – Controle por sobrepressão 87
Figura 29 – Insuflador de ar 89
Figura 30 – Ventilador exaustor de fumaça 90
Figura 31 – Área de acantonamento e alturas de referência 93
Figura 32 – Acantonamentos de grandes áreas 94
Figura 33 – Barreira de fumaça 96

Figura 34 – Detector de térmico 98
Figura 35 – Detector de fumaça e gás 98
Figura 36 – Detector de chamas e ópticos 99
Figura 37 – *Sprinkler* 100
Figura 38 – *Sprinkler* em funcionamento 100

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Comparativo entre normas de sistemas de controle e extração de fumaça ... 69
Quadro 2 – Comparativo entre Instruções Técnicas dos Estados 71

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 – Curva de evolução de incêndio celulósico 38
Gráfico 2 – Tempos de fuga para edificação sem sistemas de controle e extração de fumaça 50
Gráfico 3 – Tempos de fuga para edificação com sistemas de controle e extração de fumaça 50
Gráfico 4 – Mortes em incêndios (Reino Unido) 55
Gráfico 5 – Mortes em incêndios NFPA (1981) 55
Gráfico 6 – Temperaturas em ambientes com e sem ventilação para extração de fumaça 57

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Valores de α *versus* crescimento de incêndio 39
Tabela 2 – Sintomas típicos de exposição ao monóxido de carbono 52
Tabela 3 – Vítimas Fatais: Queimaduras x Intoxicação por Inalação de Fumaça 54
Tabela 4 – Condições de largura x altura: extração mecânica 89

LISTA DE SIGLAS

SCIE – Segurança Contra Incêndio em Edificações

EUA – Estados Unidos da América

ISO – *International Standard Organization*

NFPA – *National Fire Protection Association*

BOE – Batalhão de Operações Especiais

PPCI – Plano de Prevenção e Combate a Incêndios

ART – Anotação de Responsabilidade Técnica

CREA – Conselho Regional de Engenharia e Agronomia

PLC – Projeto de Lei Complementar

NBR – Norma Brasileira Regulamentadora

BS – *British Standard*

GLP – gás liquefeito de petróleo

ppm – parte por milhão

DIN – *German Institute for Standardization*

NIST - *National Institute of Standards and Technology*

ANSI – *American National Standards Institute*

CONMETRO – Conselho Nacional de Metrologia

COPANT – Comissão Panamericana de Normas Técnicas

AMN – Associação Mercosul de Normalização

IEC – *International Eletrotechnical Comission*

IT – Instrução Técnica

RT – Resolução Técnica

IN – Instrução Normativa

LISTA DE SÍMBOLOS

CO – monóxido de carbono

CO_2 – dióxido de carbono

HCN – cianeto de hidrogênio ou gás cianídrico

HCNO – isocianato

NO – óxido nítrico

Q_g – razão de liberação de calor no crescimento do incêndio

t – tempo de incêndio

t_i – tempo de início da ignição

α – parâmetro de desenvolvimento do incêndio

θ_c – elevação da temperatura junto ao teto

Q – razão da elevação do calor

A_w – área da cobertura de ventilação

h_w – altura da abertura de ventilação

h_k – coeficiente de transferência efetiva de calor

A_t – área total do compartimento

Q_{fo} – razão de desenvolvimento do calor

Q” – razão de liberação de calor por unidade de área do incêndio

A_{fire} – área do incêndio

Q’ – razão de desenvolvimento de calor em regime permanente

m_f – razão de queima em massa do material

H_c – poder calorífico efetivo da carga de incêndio

$\partial T/\partial t$ – razão de mudança da temperatura

T – temperatura interna do compartimento

τ – carga de incêndio equivalente em madeira

L – comprimento

HCl – gás clorídrico

HBr – gás bromídrico

HF – gás fluorídrico

HI – gás iodídrico

PVC – cloreto de polivinil

NO_x – óxidos de nitrogênio

N_2O – monóxido de dinitrogênio

NO_2 – dióxido de nitrogênio

N_2O_4 – tetróxido de dinitrogênio

H_2S – gás sulfídrico

D_s – densidade de fumaça

T’ – transmitância do feixe de luz, medida diretamente no fotômetro

h – altura de referência

h’ – altura de zona livre de fumaça

hf – altura enfumaçada

A_u – área útil

$A_{acantonamento}$ – área de acantonamento

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO 19
2 DIRETRIZES DAS PESQUISA 22
2.1 QUESTÃO DE PESQUISA 22
2.2 OBJETIVOS DA PESQUISA 22
2.2.1 Objetivo Principal 22
2.2.2 Objetivos Secundários 22
2.3 PREMISSA 22
2.4 DELIMITAÇÕES 23
2.5 LIMITAÇÕES 23
2.6 DELINEAMENTO 23
3 INCÊNDIOS - FUMAÇA 25
3.1 CRECHE URUGUAIANA (RS) 26
3.2 BOATE KISS EM SANTA MARIA (RS) 27
4 FOGO E INCÊNDIO 32
4.1 O FOGO 32
4.1.1 Combustível 33
4.1.1.1 Combustíveis Sólidos 33
4.1.1.2 Combustíveis Líquidos 34
4.1.1.3 Combustíveis Gasosos 34
4.1.2 Comburente 34
4.1.3 Calor 34
4.1.4 Reação em Cadeia 35
4.2 CLASSES DE INCÊNDIO 35
4.3 EVOLUÇÃO DO INCÊNDIO 37
5 FUMAÇA 44
5.1 CORES DA FUMAÇA 45
5.2 DISPERSÃO DA FUMAÇA 48
5.3 EFEITOS DA FUMAÇA 48
5.3.1 Visibilidade para evacuação 49
5.3.2 Toxicidade – agentes nocivos à saúde 51
5.3.3 Temperatura devido à fumaça e gases 56
5.4 ENSAIOS 57
5.5 MATERIAIS 59

6 REGULAMENTAÇÃO 60
6.1 NORMAS INTERNACIONAIS 61
6.1.1 *National Fire Protection Association* (NFPA) 61
6.1.2 *International Standard Organization* (ISO) 62
6.1.3 *British Standards Institution* (BSI) 63
6.1.4 Portugal (Portaria e Decreto) 64
6.2 NORMAS BRASILEIRAS 65
6.2.1 Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) 65
6.2.2 Leis Estaduais, Decretos e Leis Complementares (RS e Porto Alegre) 66
6.2.3 Instruções Técnicas (Bombeiros) 67
6.3 COMPARATIVO: NORMAS BRASILEIRAS E INTERNACIONAIS 68
6.4 COMPARATIVO: ENTRE INSTRUÇÕES TÉCNICAS NO BRASIL 70
7 CONSIDERAÇÕES SOBRE SISTEMAS DE CONTROLE DE FUMAÇA 72
7.1 SISTEMAS DE CONTROLE DE FUMAÇA 77
7.1.1 Pressurização 77
7.1.2 Ventilação Natural 80
7.1.2.1 Dispositivos de entrada de ar 82
7.1.2.2 Dispositivos de saída de fumaça 83
7.1.3 Ventilação Mecânica 86
7.1.3.1 Dispositivos de entrada de ar 89
7.1.3.2 Dispositivos de saída de fumaça 90
7.2 COMPARTIMENTAÇÃO 90
7.2.1 Compartimentação Vertical 91
7.2.2 Compartimentação Horizontal 91
7.2.3 Áreas de Acantonamento 92
7.2.4 Barreiras de Fumaça 95
7.3 DETECTORES DE FUMAÇA 96
7.3.1 Detectores Térmicos 97
7.3.2 Detectores de Fumaça e Gás 98
7.3.3 Detectores de Chamas e Ópticos 98
7.4 *SPRINKLERS* 99
8 CONSIDERAÇÕES FINAIS 101
REFERÊNCIAS 102

1 INTRODUÇÃO

O homem sempre sentiu necessidade de dominar o fogo. Segundo Seito et al. (2008), há milhares de anos atrás, através de pedras e gravetos, iniciava uma fogueira. O homem era capaz de controlar a ignição, porém, não conseguia controlar o fogo. A partir deste domínio, que foi sendo aperfeiçoado, pode cozinhar e fabricar cerâmicas, vidros, fogos de artifícios, entre outros. Mas, sempre houve perdas de vidas e de propriedade devido a incêndios. Para Mitidieri (2008), os grandes sinistros, tais como, nos edifícios Andraus (dezesseis mortos) e Joelma (cento e oitenta e nove mortos), ambos na cidade de São Paulo – fizeram com que a segurança contra incêndio, no Brasil, fosse repensada e discutida, na década de 70.

A principal finalidade da segurança contra incêndio em edificações é minimizar o risco à vida das pessoas expostas ao sinistro. Uma vida humana é perdida a cada dez minutos devido a incêndios, segundo estatísticas internacionais. A principal causa desses óbitos é a exposição à fumaça tóxica que ocorre nos primeiros momentos do sinistro. Entende-se, portanto, como risco à vida, a exposição severa dos usuários da edificação à fumaça, ao calor e aos gases quentes, e em menor nível, à falência de elementos construtivos. Dessa forma a segurança à vida depende da boa concepção do projeto de proteção e prevenção contra incêndio, a fim de permitir a rápida desocupação dos ambientes atingidos e ameaçados pelas chamas. (SILVA et al., 2010).

De acordo com o Conselho Regional de Engenharia e Agronomia do Rio Grande do Sul (2013, p. 4):

> A verdade é que, a partir das tragédias associadas a incêndios ocorridos nos anos 70, que envolveram os sinistros dos edifícios Andraus e Joelma, em São Paulo, e das Lojas Renner, em Porto Alegre, RS, modificações significativas em vários aspectos fundamentais para a Segurança contra Incêndio e Pânico foram implementadas. A normalização e a legislação foram melhoradas, as práticas de projeto avançaram e os corpos de bombeiros foram melhores aparelhados. A considerável resposta técnica e social provavelmente salvou muitas vidas nas últimas décadas.

Berto[1] (1991 apud ONO, 2004, p. 3-4, grifo do autor) separa as medidas de segurança contra incêndio, de caráter preventivo ou de proteção, da seguinte forma:

> As **medidas de prevenção de incêndio** são aquelas associadas ao elemento precaução contra o início do incêndio e se destinam, exclusivamente, a prevenir a ocorrência do início do incêndio, ou seja, controlar o risco de início de incêndio.
>
> As **medidas de proteção contra incêndio** são aquelas destinadas a proteger a vida humana e os bens materiais dos efeitos nocivos do incêndio que já se desenvolve no edifício. São necessárias ao sistema global de segurança contra incêndio, na proporção em que as medidas de prevenção venham a falhar, permitindo o surgimento do incêndio. Estas medidas compõem os seguintes elementos do sistema global: limitação do crescimento do incêndio; extinção inicial do incêndio; limitação de propagação do incêndio; precaução contra a propagação entre edifícios; evacuação segura do edifício; precaução contra o colapso estrutural; e rapidez, eficiência e segurança das operações de combate e resgate.

As medidas de proteção contra incêndio são divididas em dois grupos complementares: proteção passiva e ativa. A primeira é formada por medidas que fazem parte do edifício e que independem de uma ação para o seu funcionamento em caso de incêndio, sendo possível a execução de outra função paralelamente ao longo do seu uso. Para Berto (1991 apud ONO, 2004), destacam-se: a acessibilidade, a implantação de meios de abandono seguro do edifício (rotas de fuga) e o estudo da estrutura, dos elementos constitutivos e dos compartimentos – que determinam a limitação ou contenção do crescimento do incêndio no interior da construção, bem como o nível de proteção dos seus ocupantes. Outro elemento a ser analisado nas medidas de proteção passiva, é o controle das características e quantidade de materiais combustíveis reunidos tanto no acabamento interno quanto no conteúdo da construção, pois são elementos decisivos na velocidade da propagação, intensidade e duração do incêndio.

A proteção ativa, ao contrário da passiva, é composta por equipamentos e instalações contra incêndio que dependem de uma ação para o seu funcionamento, seja manual ou automática. O objetivo destas instalações é uma detecção rápida do incêndio, para que, dessa forma, o abandono dos ocupantes do edifício seja mais seguro e torne-se possível um combate e controle mais eficaz do fogo. Para Berto (1991 apud ONO, 2004), destacam-se como os principais sistemas de proteção ativa: sistema de detecção e alarme automáticos de incêndio (detectores de fumaça, temperatura, raios infravermelhos, etc.), sistema de iluminação de emergência, sistema de controle e exaustão da fumaça de incêndio, sinalização de segurança

[1] Berto, A. F. **Medidas de proteção contra incêndio**: aspectos fundamentais a serem considerados no projeto arquitetônico dos edifícios. 1991. 351 f. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo) – Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1991.

contra incêndio e pânico, sistema de alarme manual de incêndio (botoeiras), sistemas de extinção automática de incêndio (chuveiros automáticos – sprinklers, e outros sistemas especiais de água ou gases), sistema de hidrantes e sistemas de proteção por extintores de incêndio.

Bukowiski e Babrauskas (1994, tradução nossa), indicam uma série de medidas de segurança contra incêndio, através da utilização de elementos construtivos que controlem a propagação da fumaça, gases tóxicos e calor, tanto interna quanto externamente à edificação, como, por exemplo, a compartimentação vertical e horizontal. No entanto, devido às características construtivas ou restrições de projeto da edificação nem sempre é possível garantir a compartimentação vertical e/ou horizontal da mesma. Por outro lado, o tipo de ocupação e/ou a necessidade de implementar medidas compensatórias de segurança contra incêndio leva à necessidade de utilizar sistemas alternativos eficazes na proteção contra incêndio.

Entre os sistemas de proteção ativa contra incêndio, destacam-se os sistemas de gestão de fumaça, tema deste trabalho, e que podem ser definidos como todos os métodos utilizados isoladamente ou em combinação para reduzir a produção de fumaça ou para modificar o movimento de fumaça, sendo essenciais para proporcionar um ambiente mais sustentável para a evacuação segura dos ocupantes de uma edificação.

No Brasil, a ausência de uma legislação e regulamentação de segurança contra incêndio de âmbito nacional para edificações e a falta de recursos nos órgãos fiscalizadores que garantam uma segurança mínima, tanto em edifícios novos, como em existentes, contribuem para o agravamento do cenário nacional. Na ausência de uma regulamentação nacional, as leis estaduais, municipais e as instruções técnicas do Corpo de Bombeiros apresentam-se como instrumentos essenciais que regulamentam as medidas de segurança contra incêndio a adotar em cada Estado e Município brasileiro.

Além disso, a regulamentação internacional sobre gestão de fumaça em edificações pode servir como referência para projetistas e responsáveis pela instalação de sistemas de proteção contra incêndio, assim como, para os responsáveis pela fiscalização e manutenção dos sistemas de proteção ativa.

2 DIRETRIZES DA PESQUISA

Para elaboração do presente trabalho foram definidas as seguintes diretrizes de desenvolvimento da pesquisa.

2.1 QUESTÃO DE PESQUISA

Em relação à extração de fumaça em incêndios, como, comparativamente, no Brasil e em outros países são tratadas as exigências?

2.2 OBJETIVOS DA PESQUISA

2.2.1 Objetivo principal

O objetivo principal do trabalho é a demonstração de como, comparativamente, são tratadas as exigências de extração de fumaça em incêndios no Brasil e em outros países.

2.2.2 Objetivos secundários

Os objetivos secundários do trabalho são: a definição dos sistemas de controle e extração de fumaça e a contribuição para o avanço nos estudos em segurança contra incêndio em edificações (SCIE) no Brasil.

2.3 PREMISSA

O trabalho tem como premissa que a segurança contra incêndio é de fundamental importância no projeto de edificações, garantindo a segurança para a evacuação dos ocupantes e minimizando as perdas materiais.

2.4 DELIMITAÇÕES

O trabalho delimita-se ao estudo e comparação de sistemas de controle e extração de fumaça existentes em normas brasileiras, americanas e europeias.

2.5 LIMITAÇÕES

São limitações do trabalho:

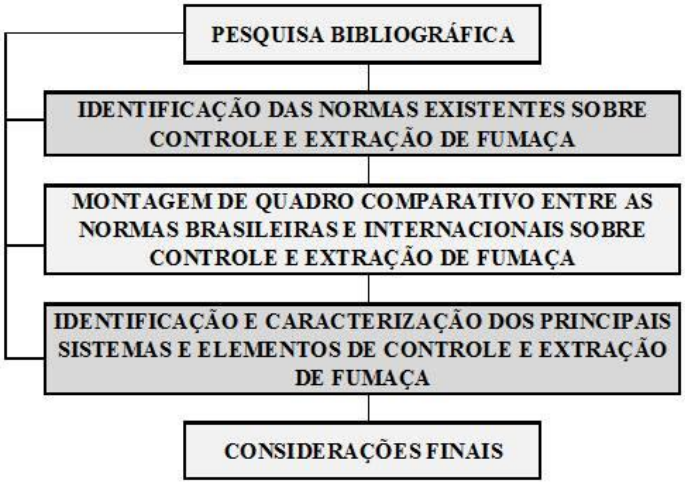
a) a reduzida bibliografia existente no Brasil referente a controle e extração de fumaça;
b) o acesso restrito (pago) a normas estrangeiras, como a ISO e a BSI.

2.6 DELINEAMENTO

O trabalho foi realizado através das etapas apresentadas a seguir, que estão representadas na figura 1, e são descritas nos próximos parágrafos:

a) pesquisa bibliográfica;
b) identificação das normas existentes sobre controle e extração de fumaça;
c) montagem de quadro comparativo entre as normas brasileiras e internacionais sobre controle e extração de fumaça;
d) considerações finais.

Figura 1 – Diagrama das etapas da pesquisa



(fonte: elaborado pela autora, 2014)

Primeiramente, realizou-se a pesquisa bibliográfica para conhecimento do assunto. Através dessa pesquisa foi possível conhecer mais detalhadamente conceitos de fogo, combustão, combustíveis, formas de propagação, temperaturas e resíduos em um incêndio, entre vários fatores e parâmetros importantes para o entendimento de como ocorrem os incêndios e quais os produtos gerados por eles. Como a fumaça, que é o foco principal deste estudo.

Após, foi analisada a toxicidade da fumaça e reação nos organismos das pessoas, na temperatura do ambiente, na visibilidade e como ela afeta e interfere no combate a incêndio – contribuindo para a maioria das mortes em um sinistro do tipo. Com o conhecimento dos efeitos da fumaça, pode-se analisar como os sistemas de controle alteram essas condições prezando pela segurança na edificação.

Através do conhecimento das diversas bibliografias e abordagens de diferentes relevâncias para o controle e extração de fumaça foram analisadas as normas existentes que regulamentam esses tipos de sistemas de controle e extração e como é a abordagem no Brasil e em outros países. Com isso, um quadro comparativo foi criado a partir dos dados de abrangência das principais normas existentes para segurança, relacionada à fumaça, em edificações. Por fim, pode-se concluir as diferenças entre as normas, bem como a existência ou a inexistência de legislações que se preocupam com um fator de grande importância em sinistros de incêndios.

3 INCÊNDIOS – FUMAÇA

Segundo Gill et al. (2008, p. 19), a preocupação com a fumaça em incêndios, surgiu após instalações da General Motors, na cidade de Livonia, no Michigan – EUA, se incendiarem em 12 de agosto de 1953, devido a incapacidade das equipes de resgaste de entrar na edificação – que estava tomada de fumaça. Foram quatro mortes, quinze pessoas seriamente feridas e, total perda dos bens materiais da fábrica, com prejuízos de US$ 55 milhões, de acordo com Rocha (2013). Estudos de implantação de sistemas de controle de fumaça foram iniciados, porém, no Brasil, somente em 2001 começaram a ser exigidos. As primeiras regulamentações com foco nessa questão foram organizadas pelo Corpo de Bombeiros de São Paulo.

Avanços técnico-científicos e especialistas da área, de acordo com o Conselho Regional de Engenharia e Agronomia do Rio Grande do Sul (2013), já haviam detectado e almejavam avanços no campo da legislação, da fiscalização e da especificação dos materiais na construção. Particularmente, existia preocupação com o controle da fumaça e características de comportamento ao fogo dos materiais de revestimento – já que a literatura aponta que, em situações de incêndios mais de 80% das mortes ocorrem por asfixia.

O Conselho Regional de Engenharia e Agronomia do Rio Grande do Sul (2013, p. 4, grifo do autor) enfatiza que:

> Ao contrário de outros países, nossa legislação sobre **controle de fumaça e dos materiais de revestimento** é bastante limitada. Faltam algumas normas brasileiras específicas (sendo necessário muitas vezes fazer referência a normas ISO, NFPA ou aos **Eurocodes**) e, pior, muitas legislações municipais e estaduais, inclusive a gaúcha, não atentam para esse aspecto. A ventilação forçada, ou o simples uso de mecanismos de tiragem da fumaça, não são medidas compulsórias em **Projetos de Segurança contra Incêndio e Pânico**, exceto para escadas enclausuradas (o que faz sentido para edifícios, mas não para locais de reunião de público e outras situações de risco).

De acordo com Viegas (20--), verifica-se que cerca de 80% das vítimas em um incêndio tem morte devido à intoxicação por fumaça. Mesmo quando não seja essa a causa direta da morte, a fumaça contribui para dificultar e/ou impossibilitar a evacuação dos ocupantes da edificação. O escoamento descontrolado da fumaça e a forma arquitetônica do local diminui a possibilidade de sobrevivência dos ocupantes, mesmo quando se encontrarem em espaços

afastados do local sinistrado. Estima-se que 2/3 das mortes ocorram fora do compartimento de origem do incêndio. Para reduzir a possibilidade de propagação do incêndio, impedir a movimentação de fumaça para as rotas de fuga – garantindo o acesso aos bombeiros e evacuação dos ocupantes – é imprescindível que existam sistemas de controle e extração de fumaça que aumentarão as possibilidades de sobrevivência das pessoas e diminuirão as perdas materiais consequentes em um incêndio.

3.1 CRECHE URUGUAIANA (RS)

No dia 20 de junho de 2000, na cidade de Uruguaiana, no Estado do Rio Grande do Sul, ocorreu um incêndio causado por um problema na instalação elétrica dos aquecedores de uma sala de aula da creche Casinha da Emília, matando 12 crianças com idades entre 2 e 3 anos. De acordo com Villanova (2000), a temperatura era de 12º e passava das 13h30min, quando as monitoras de 17 anos colocaram 12 crianças para dormir com o aquecedor elétrico ligado. Somente uma criança, que não estava com sono, se salvou por estar na cozinha para que não atrapalhasse os colegas.

Os bombeiros e alguns vizinhos, que apagaram o fogo, encontraram no canto da sala, oposto ao do aquecedor, seis corpos carbonizados, encolhidos e abraçados sob pedaços de cobertor. As outras seis vítimas não foram atingidas pelo fogo, mas morreram asfixiadas e estavam deitadas, no que restava de seus colchões. A polícia de Uruguaiana acredita que alguma peça de tecido tenha caído sobre o aquecedor e servido de combustível para o fogo iniciar. O aquecedor possuía uma grade protegendo a resistência e quando ligada, se aquecia esquentando o ambiente. Pelo menos duas vezes naquele ano, peças de roupa teriam caído sobre o aparelho – que ficava sob o cabide onde os casaquinhos das crianças eram pendurados – provocando princípios de incêndio (VILLANOVA, 2000).

A localização do aquecedor foi apenas um dos erros cometidos. No dia anterior, de acordo com Villanova (2000), a diretoria da creche incumbiu as monitoras desta turma que passassem a tarde no centro da cidade para arrecadar brindes para uma festa da creche. Funcionárias do refeitório ficaram responsáveis de cuidar das crianças desta sala. As crianças ficaram dormindo com a porta da sala encostada. Ninguém ouviu gritos, nem choros das crianças. Uma servente, ao se dirigir ao pátio externo, notou fumaça preta saindo pela janela da sala. Outro funcionário empurrou a porta e não conseguiu abri-la.

Os bombeiros foram acionados e os vizinhos ajudaram a controlar o incêndio. As 12 crianças já estavam mortas e as explicações em relação a elas não terem fugido foram: a proximidade do aquecedor da porta que, com as chamas, impediu a fuga das crianças ou o calor que dilatou a porta emperrando-a.

3.2 BOATE KISS EM SANTA MARIA (RS)

Um incêndio que abalou o país, vitimando praticamente jovens e estudantes universitários, ocorrido na madrugada do dia 27 de janeiro de 2013, em uma boate (figura 2), na cidade de Santa Maria no estado do Rio Grande do Sul, deixou 242 mortos e 167 feridos, segundo o comandante do Batalhão de Operações Especiais (BOE), major Cleberson Braida Bastianello (NÚMERO ..., 2013).

Figura 2 – Boate Kiss

(fonte: IMPUNIDADE ..., 2013)

No palco, um dos integrantes da banda, que tocava na casa noturna, mirou um sinalizador (do tipo *sputnik*[2]) para o teto, para um show pirotécnico durante a apresentação. Uma faísca atingiu a espuma de poliuretano utilizada no teto como revestimento acústico que

[2] O nome é uma referência aos satélites *Sputnik*, lançados pela União Soviética na década de 1950 (BUBLITZ; GONZATTO, 2013).

imediatamente entrou em ignição produzindo uma espessa fumaça escura. Segundo Frantz (2013, p. 34):

> Altamente inflamável, a espuma é vetada pela lei municipal de prevenção e proteção contra incêndios de Santa Maria e havia sido instalada entre o isolamento e a fibra de vidro do teto – principalmente na área próxima ao palco, onde as bandas se apresentavam. Além disso, não estava protegida por um produto químico usado para retardar a combustão e evitar a propagação do fogo.

A figura 3 mostra a fumaça espessa e escura produzida na combustão da espuma de poliuretano utilizada no isolamento acústico da boate e a figura 4, mostra a localização da espuma.

Figura 3 – Fumaça espessa e escura produzida pela espuma de poliuretano

(fonte: BONA, 2013)

Figura 4 – Detalhe da localização da camada de espuma

(fonte: adaptado de BUBLITZ; GONZATTO, 2013)

Qualquer combustão libera monóxido e dióxido de carbono (CO e CO_2). No incêndio da Boate Kiss, outros gases altamente tóxicos foram liberados na queima da espuma de poliuretano, como cianeto de hidrogênio ou gás cianídrico (HCN), isocianatos (HCNO) e óxido nítrico (NO). A combinação desses três gases (HCN, HCNO e NO) foi a principal causa das mortes por intoxicação, que separados já tem toxicidade alta e combinados agridem muito mais o sistema respiratório (BUBLITZ; GONZATTO, 2013).

A espuma foi responsável para que o fogo se propagasse. Se não tivesse esse revestimento no local, provavelmente não existiriam vítimas fatais, pois não teria passado de um pequeno foco de incêndio. A segurança e a má qualidade do projeto da casa noturna também foram responsáveis pelos prejuízos irreversíveis, não só aos frequentadores da boate naquela noite, mas aos familiares e amigos das vítimas também (FRANTZ, 2013).

De acordo com Frantz (2013), a espuma utilizada, quando exposta ao fogo, libera gás cianídrico (sem cheiro e sem cor) – o mesmo utilizado nas câmaras de gás pelos nazistas durante a II Guerra Mundial. Jovens, que conseguiram sair da boate, voltaram para ajudar outras pessoas, utilizando camisetas molhadas para impedir a inalação de fumaça. Porém essa proteção só impediu a inalação de fuligem sendo inútil contra o ácido cianídrico.

O Plano de Prevenção e Proteção Contra Incêndio (PPCI) ou Projeto de Segurança contra Incêndio e Pânico da boate não possuía nenhuma Anotação de Responsabilidade Técnica (ART), pois o proprietário não contratou nenhum responsável técnico para esse serviço. De acordo com a legislação estadual vigente, em edificações com área inferior a 750 m² (que era o caso da Boate Kiss) poderia ser utilizado o Processo Simplificado de Prevenção e Proteção contra Incêndio. Porém, devido à edificação se classificar como boate ou clube noturno, tornava-se obrigatório, pela regulamentação do Corpo de Bombeiros, a existência de um PPCI

completo, independente da área (CONSELHO REGIONAL DE ENGENHARIA E AGRONOMIA DO RIO GRANDE DO SUL, 2013, p. 10).

Devido à falta de um projeto, segundo relatório do Conselho Regional de Engenharia e Agronomia do Rio Grande do Sul (2013), visando a segurança da edificação e do usuário, muitas falhas contribuíram para aumentar as proporções trágicas do sinistro. Houve falha do funcionamento de extintores, dificuldade de desocupação por não possuir saídas de emergência (havia somente uma e obstaculizada) necessárias para a evacuação segura (tamanho e localização inadequadas), falta de sinalização, ausência de equipamento de comunicação da equipe de segurança do local e falta de treinamento em casos de sinistro. Além da superlotação e realização de show pirotécnico com material impróprio para ambientes internos.

A Portaria n. 64/1999 do Corpo de Bombeiros estabelece que o PPCI completo deve ter ART do responsável técnico (RIO GRANDE DO SUL, 1999). Ou seja, o proprietário deveria contratar um profissional habilitado para elaborar o mesmo. Segundo o Conselho Regional de Engenharia e Agronomia do Rio Grande do Sul (2013), não foi localizada nenhuma ART associada ao PPCI ou a qualquer Projeto de Segurança contra Incêndio e Pânico nos bancos de dados do CREA-RS. Ou seja, apesar de demandado pela legislação vigente, o proprietário não contratou responsável técnico para esse serviço.

De acordo com o relatório do Conselho Regional de Engenharia e Agronomia do Rio Grande do Sul (2013, p. 16):

> A legislação estadual é claramente omissa quanto às exigências de sistemas de controle de fumaça nos ambientes de reunião de público, quer seja pela aplicação de materiais de revestimento com características de pouca geração de fumaça, quer seja por sistemas naturais ou forçados de exaustão desta. Em outras palavras, não existem requisitos específicos que garantam altura mínima livre de fumaça nas rotas de fuga externas às escadas de emergência, que neste caso não existiam.
>
> Nos países mais desenvolvidos, os projetos para controle de fumaça são imprescindíveis, pois realmente previnem e proporcionam maior tempo para a saída das pessoas. Este caráter preventivo supera muitas vezes até a ideologia interventiva de combate ao incêndio em seu desenvolvimento inicial pela aplicação, por exemplo, de sistema de chuveiros automáticos (*sprinklers*). Os dois sistemas são indispensáveis conforme o risco de incêndio da edificação, e devem ser aplicados de forma harmonizada através de um projeto realizado por profissional competente.
>
> No incêndio da boate Kiss em Santa Maria, mais do que a propagação do incêndio ou do que as temperaturas evidenciadas pela análise dos vídeos divulgados pelas redes sociais e matérias jornalísticas, a concentração e toxicidade da fumaça gerada foram decisivas para o surgimento de tantas vítimas fatais.

Após um sinistro tão trágico, como o desta boate, a Comissão Especial do CREA-RS recomendou ações e propostas com caráter de urgência para uma mudança neste cenário. No dia 27 de dezembro de 2013 foi publicada uma nova legislação estadual, de nº 14.376, de prevenção contra incêndios. O Conselho Regional de Engenharia e Agronomia do Rio Grande do Sul participou ativamente na modernização dessa legislação. Sob coordenação do deputado estadual e Engº Civil Adão Villaverde, a construção coletiva do Projeto de Lei Complementar (PLC) 155/2013 se transformou na nova Lei de Segurança, Prevenção e Proteção contra Incêndios no RS. Destaca-se que com essa nova lei consideram-se a capacidade de lotação, o tipo de uso, a carga de incêndio e a extração de fumaça – objeto de estudo deste trabalho.

4 FOGO E INCÊNDIO

Para que se possa compreender como ocorrem os incêndios, como e quando a fumaça se forma é necessário conhecer elementos básicos como o fogo, sua formação e evolução, seus produtos, dentre outros fatores que influenciam para que estes sinistros ocorram. O estudo do fogo tem pouco mais de vinte anos. Segundo Seito (2008), uma associação internacional criada para a finalidade de estudos nessa área reúne cientistas dos maiores institutos e universidades do mundo. Com isso, seminários são frequentemente realizados para que, cada vez mais, se tenha conhecimento e domínio sobre o fogo e consequentemente o incêndio.

4.1 O FOGO

Segundo Seito et al. (2008, p. 35), "Apesar dos grandes avanços na ciência do fogo, ainda não há consenso mundial para definir o fogo. Isso é percebido pelas definições usadas nas normas de vários países.". Os significados encontrados nas diferentes normas existentes são:

a) Brasil – NBR 13860: o fogo é o processo de combustão caracterizado pela emissão de calor e luz;

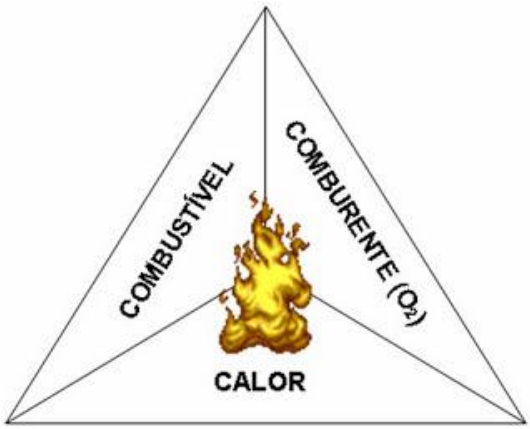
b) Estados Unidos da América – NFPA: fogo é a oxidação rápida autossustentada acompanhada de evolução variada da intensidade de calor e de luz;

c) Internacional – ISO 8421-1: fogo é o processo de combustão caracterizado pela emissão de calor acompanhado de fumaça, chama ou ambos;

d) Inglaterra – BS 4422: Parte 1: fogo é o processo de combustão caracterizado pela emissão de calor acompanhado por fumaça, chama ou ambos.

A teoria Triângulo do Fogo (figura 5) que explica a extinção do fogo com a retirada de um dos elementos que o compõem (combustível, comburente e calor), de acordo com os mesmos autores, sofreu uma mudança com a descoberta do agente extintor halon gerando a teoria Tetraedro do Fogo (figura 6), sendo o quarto elemento envolvido a reação em cadeia. Porém o halon ou CFC (clorofluocarboneto) não é utilizado no combate a incêndio.

Figura 5 – Triângulo do Fogo



(fonte: PREVENÇÃO ..., 2012)

Figura 6 – Tetraedro do Fogo

(fonte: adaptada de SEGURANÇA ..., c2013)

Há diferenças no comportamento de materiais combustíveis na ignição e na manutenção do fogo e alguns fatores que influenciam para que isso aconteça são: o estado em que a matéria se encontra – sólido, líquido ou gasoso – a massa, a superfície e calor específico, o ponto de fulgor e de ignição, a composição química, o calor latente de evaporação, a quantidade de calor, entre outros, conforme destaca Seito (2008, p. 36).

4.1.1 Combustível

O combustível é a matéria que está suscetível a queimar e apresenta-se em diferentes estados físicos: sólido, líquido ou gasoso. Os mecanismos de ignição variam conforme o estado em que se apresentam (SEITO, 2008, p. 37).

4.1.1.1 Combustíveis Sólidos

Possuindo um mecanismo sequencial para sua ignição, os combustíveis sólidos (ex.: papel, carvão,...) ao serem aquecidos, sofrem uma decomposição térmica – pirólise – liberam vapores que ao se misturarem ao oxigênio formam uma mistura inflamável ou explosiva. O contato de uma superfície aquecida ou de uma fagulha pode fazer a mistura entrar em combustão (BRENTANO, 2007, p. 40).

Para Seito (2008, p. 37), “Caso o nível de energia incidente sobre o sólido for suficiente para manter a razão da pirólise para formar a mistura inflamável, haverá a continuidade da

combustão.”. Geralmente a combustão é mantida pelo calor da chama do material que está queimando. Alguns metais podem explodir ou entrar em combustão instantaneamente quando estiverem suspensos no ar. Há materiais sólidos, pirofóricos, que não seguem esse mecanismo de ignição, como o magnésio, o sódio, o potássio, o cálcio, o alumínio, e o urânio.

4.1.1.2 Combustíveis líquidos

De acordo com Seito (2008), os materiais que não sofrem decomposição térmica, quando expostos ao calor, evaporam e ao se unirem ao oxigênio formam a mistura inflamável que, posteriormente, entra em ignição na presença de uma fonte de energia ativante. Caso o líquido atinja a temperatura de combustão a queima terá continuidade.

Segundo o mesmo autor, a maioria dos combustíveis líquidos deriva do petróleo e são hidrocarbonetos. Substâncias oleígenas retiradas de plantas e gordura animal possuem semelhante mecanismo de ignição que o de materiais derivados do petróleo. O ponto de fulgor ou de combustão pode ser determinado pela seguinte propriedade: a taxa de evaporação é diretamente proporcional ao seu aquecimento.

4.1.1.3 Combustíveis gasosos

Apresentando-se em forma de gás ou vapor, geralmente, os combustíveis gasosos são as frações mais leves do petróleo. Outros gases como o monóxido de carbono, a amônia, o oxigênio e o dissulfeto de carbono são os gases combustíveis mais conhecidos não derivados do petróleo (SEITO, 2008, p. 38).

4.1.2 Comburente

O comburente é aquele que ao se misturar com o vapor ou gás combustível forma a mistura inflamável. Geralmente é o oxigênio do ar que ativa e conserva a combustão. Locais ventilados ou abertos, com grande quantidade de oxigênio intensificam as chamas.

4.1.3 Calor

De acordo com Brentano (2007, p. 92):

> O calor [...] é o elemento que dá início, mantém e incentiva a propagação do fogo. Em outras palavras, o calor é o provocador da reação química da mistura inflamável,

> proveniente da combinação dos gases ou vapores do combustível e do comburente. A fonte de calor pode ser uma faísca elétrica, uma chama, um superaquecimento de um condutor ou aparelho elétrico, atrito, explosão, etc.

4.1.4 Reação em cadeia

Reação em cadeia é quando, de forma sucessiva, ocorre transferência de calor entre as moléculas do material em combustão aquecendo as moléculas, ainda intactas, produzindo vapores e/ou gases que, ao entrarem em contato com o oxigênio geram uma mistura inflamável que entra em combustão, gerando mais calor e aquecendo outras moléculas, ainda intactas (BRENTANO, 2007, p. 92).

4.2 CLASSES DE INCÊNDIO

O incêndio é definido, pela NBR 13860, como fogo fora de controle e pela ISO 8421-1, com combustão rápida disseminada descontroladamente no tempo e espaço (SEITO, 2008, p. 65).

Os materiais, presentes em uma edificação, possuem diferentes composições e a diversidade encontrada no ambiente se deve conforme o tipo da edificação. A combustão desses materiais gera fogos que se diferem de acordo com essas características. Segundo Brentano (2007, p. 101, grifo nosso) o fogo pode ser classificado em cinco classes (A, B, C, D, K e I):

> a) **classe A**: são os que ocorrem em materiais combustíveis comuns, ordinários, como madeiras, papéis, tecidos, plásticos, etc. Esses materiais queimam em superfície e em profundidade e, em razão de seu volume, deixam resíduos após a combustão, como brasas e cinzas. A extinção se dá por resfriamento, principalmente pela ação da água que é o mais efetivo agente extintor, e por abafamento, como ação secundária;
>
> b) **classe B**: são os que ocorrem em líquidos combustíveis inflamáveis, como óleos, gasolina, etc. que queimam somente em superfície, e em gases inflamáveis, como gás liquefeito de petróleo (GLP), gás natural, acetileno, hidrogênio e outros. A combustão destes materiais se caracteriza por não deixarem resíduos. A extinção se dá por abafamento, pela quebra da cadeia de reação química e/ou pela retirada do material combustível. Os agentes extintores podem ser produtos químicos secos, líquidos vaporizantes, gases, água nebulizada e espuma mecânica, que é o melhor agente extintor;
>
> c) **classe C**: são os que ocorrem em equipamentos elétricos energizados. Deve ser usado um agente extintor não condutor de eletricidade. São usados o pó químico seco, líquidos vaporizantes e gases, principalmente estes;
>
> d) **classe D**: são os que ocorrem em metais combustíveis, chamados de pirofóricos, como magnésio, titânio, zircônio, lítio, alumínio, etc. Estes metais queimam mais rapidamente, reagem com o oxigênio atmosférico, atingindo temperaturas mais altas que outros materiais combustíveis. O combate exige equipamentos, técnicas e agentes extintores especiais para cada

tipo de metal combustível, que formam uma capa protetora isolando o metal combustível do ar atmosférico;

e) **classe K**: são os que ocorrem em óleos comestíveis de fritura, gorduras animais em estado líquido, graxa, etc., que são usados em cozinhas comerciais e industriais. O combate ao fogo exige agentes extintores que proporcionem ótima cobertura em forma de lençol de abafamento. São usados pós químicos secos e líquidos especiais;

f) **classe I**: fogos em materiais radioativos.

O incêndio produz calor, chama e fumaça (vapores, gases e fuligem). A fumaça é o fator que apresenta maior risco à vida humana em um sinistro de incêndio. O produto tóxico: gás monóxido de carbono (CO), geralmente, está presente na pirólise e produtos resultantes da combustão incompleta. Além de sua toxicidade, este gás é muito perigoso por não ser percebido pelas pessoas, devido ao fato de ser incolor, inodoro e insípido. Por esses motivos é conhecido como o assassino silencioso (BRENTANO, 2007, p. 93).

Seito (2008, p. 43-44), cada sinistro de incêndio é único, tendo fatores de causa e consequências diversas e específicas de acordo com:

a) forma geométrica e dimensões da sala ou local;

b) superfície específica dos materiais combustíveis envolvidos;

c) distribuição dos materiais combustíveis no local;

d) quantidade de material combustível incorporado ou temporário;

e) características de queima dos materiais envolvidos;

f) local do início do incêndio no ambiente;

g) condições climáticas (temperatura e umidade relativa);

h) aberturas entre ambientes para a propagação do incêndio;

i) projeto arquitetônico do ambiente e/ou edifício;

j) medidas de prevenção de incêndio existentes;

k) medidas de proteção contra incêndio instaladas.

Para Brentano (2007), esses fatores estão relacionados com a transmissão de calor que pode ser de três formas fundamentais: radiação, convecção, contato ou condução. A radiação é a sensação térmica, que devido à aproximação do fogo ou exposição a raios solares, é sentida na pele. Ondas ou raios caloríficos, gerados por um corpo aquecido, irradiam calor. Materiais próximos ao fogo ou que recebem calor por radiação das paredes e forros podem aquecer até à

combustão. Convecção é quando os gases e o ar quente, gerados pelo fogo, sobem, entrando em contato com materiais que se aquecem até a sua combustão.

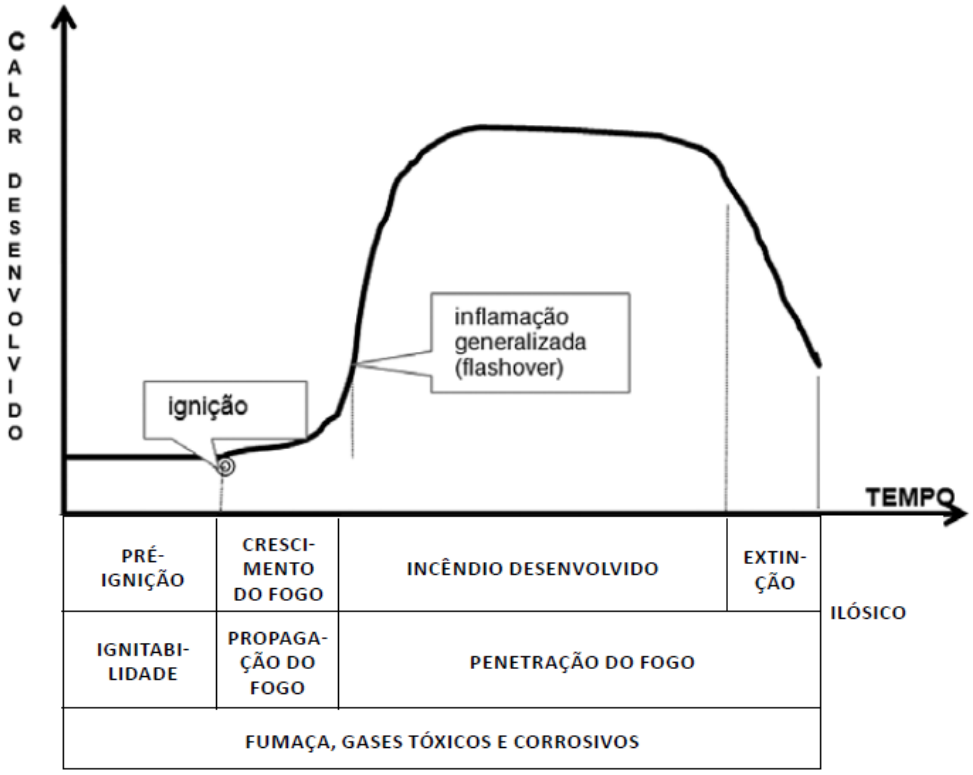
Esse processo é rápido e caso houver vento a combustão pode ser acelerada ou pode ocorrer transporte de materiais incandescentes para edificações vizinhas alastrando o incêndio. E, quando através de cortinas e janelas ocorre o contato ou condução para outros prédios – pelas próprias chamas, fumaça (gases e vapores) e fuligem – ou para outros andares de um mesmo edifício, pode o calor, transferido de um material a outro (ex.: laje do teto para o piso de madeira) ser fator suficiente para a propagação do incêndio.

4.3 EVOLUÇÃO DO INCÊNDIO

O incêndio pode se iniciar de diferentes formas, considerando a variabilidade dos fatores como tipo da ocupação, quantidade de mobiliário e equipamentos, tipos de materiais de revestimento e de acabamento. Segundo Brentano (2007), cada sinistro é uma situação única. O ambiente e a edificação possuem determinadas cargas de incêndio (carga de fogo ou térmica), de difícil quantificação, pois, a multiplicidade de formas e materiais não permite uma padronização, então, a classificação é feita conforme o tipo de ocupação. Não é levado em consideração a forma de ocupação do local, nem revestimentos e acabamentos utilizados.

De acordo com Seito (2008), geralmente o fogo começa em pequenas proporções e seu crescimento depende do primeiro item ignizado, da sua distribuição no local e das características de comportamento ao fogo dos materiais no entorno do que estiver em combustão. No gráfico 1 é possível analisar a evolução de um incêndio celulósico em uma edificação. A curva também apresenta a divisão das fases do incêndio que são quatro: pré-ignição; crescimento do fogo; incêndio desenvolvido e extinção.

Gráfico 1 – Curva de evolução de incêndio celulósico



(fonte: SEITO, 2008, p. 44)

Na primeira fase do incêndio têm-se um crescimento lento que, geralmente, dura de cinco a vinte minutos até a ignição. Pode-se considerar que essa fase é composta por duas etapas: abrasamento e chamejamento. Na primeira etapa, não existe chama nem produção de calor, mas existe grande potencial para que o ambiente seja preenchido de gases combustíveis e fumaça. A combustão nessa fase é lenta, podendo durar horas antes do aparecimento de chamas. Serragens de madeira, palhas, capim seco, pilhas de fibras naturais ou sacos de papéis e alguns materiais sintéticos expandidos (espuma plástica) são materiais que sofrem queima por abrasamento. Como a produção de calor não é significativa, a força de flutuação dos gases gerados e/ou da fumaça é, consideravelmente, pequena e seus movimentos dependem do fluxo de ar presente no ambiente (SEITO, 2008, p. 44-45).

Segundo o mesmo autor, a segunda etapa da pré-ignição, o chamejamento, é a forma de combustão que produz chama e fumaça e a geração de calor e fumaça ocorre mais rapidamente do que na combustão por abrasamento. A norma BS 3974[3] (2001 apud SEITO,

[3] BRITISH STANDARD INSTITUTION. **BS 3974**: Application off fire safety engineering principles to the design of buildings – code of practice. Londres, 2001.

2008), define a razão de liberação de calor, na fase de crescimento de incêndio, pela equação 1:

$$Q_g = \alpha(\mathrm{t} - t_i)^2 \qquad \text{(equação 1)}$$

Onde:
Q_g = razão de liberação de calor no crescimento do incêndio, [kW];
t = tempo de incêndio, [s];
t_i = tempo de início da ignição (considerado como zero), [s];
α = parâmetro de desenvolvimento do incêndio, [kJ/s³].

Os valores de α são definidos por Seito (2008), de acordo com a razão de crescimento de incêndio conforme apresenta a tabela 1.

Tabela 1 – Valores de α *versus* crescimento de incêndio

Razão de crescimento do incêndio	Valor de α (kJ/s³)
Lento	0,029
Médio	0,012
Rápido	0,047
Ultra-rápido	0,188

(fonte: SEITO, 2008, p. 45)

Sistemas de detecção existentes devem atuar na primeira fase a fim de extinguirem o incêndio mais facilmente, pois, após a ignição a temperatura do ambiente atinge cerca de 600°C e gases e vapores (produzidos na pirólise de combustíveis sólidos) tomam conta do local. Caso o ambiente possua líquidos combustíveis, juntamente com os vapores, ocorrerá o *flashover* (inflamação generalizada), propiciando que o local seja tomado por grandes labaredas. Logo, quando o incêndio é controlado antes desta evolução há grandes chances de sucesso na sua extinção (SEITO, 2008, p. 44).

No momento em que o material entra em ignição, inicia-se a segunda fase da evolução do incêndio, que é caracterizada pelas chamas que crescem aquecendo o ambiente. Conforme Seito (2008, p. 45-46), “Nesse estágio ocorre a propagação do fogo para outros objetos adjacentes e/ou para o material da cobertura ou teto.”. De acordo com o calor desenvolvido

pelos materiais em combustão, sua elevação está diretamente relacionada com a temperatura do compartimento incendiado. A razão da elevação da temperatura no compartimento, antes de ocorrer o *flashover* é calculada pela equação 2, conforme a norma BS 3974[4] (2001 apud SEITO, 2008), assumindo que a camada de gases quentes, presente no teto, é uniforme.

$$\theta_c = 6{,}85 \left(\frac{Q^2}{A_w \; h_w^{1/2} \; h_k \, A_t} \right)^{1/3} \qquad \text{(equação 2)}$$

Onde:

θ_c = elevação da temperatura junto ao teto, [°C];

Q = razão da elevação do calor, [kW];

A_w = área da cobertura de ventilação, [m²];

h_w = altura da abertura de ventilação, [m];

h_k = coeficiente de transferência efetiva de calor, [kW/m²K];

A_t = área total do compartimento, [m²].

A razão de desenvolvimento do calor deve atender a relação, descrita pela equação 3, citada na norma BS 3974[5] (2001 apud SEITO, 2008), para que se atinja o ponto de inflamação generalizada – *flashover*.

$$Q_{fo} = 7{,}8 \, A_t + 378 \, A_w \, h_w^{1/2} \qquad \text{(equação 3)}$$

Onde:

Q_{fo} = razão de desenvolvimento do calor, [kW];

A_t = área total do compartimento, [m²];

A_w = área da cobertura de ventilação, [m²];

h_w = altura da abertura de ventilação, [m].

A inflamação generalizada ocorre quando a temperatura da camada de gases quentes, junto ao teto, atinge o valor de 600°C. Seito (2008) afirma também que, quando os materiais de

[4] BRITISH STANDARD INSTITUTION. **BS 3974**: Application off fire safety engineering principles to the design of buildings – code of practice. Londres, 2001.

[5] opus citatua.

revestimento têm participação no desenvolvimento do calor existe uma relação diferente demonstrada na equação 4:

$$Q_{fo} = 750\ (h_k\ A_t\ A_w\ h_w^{1/2})^{1/2} \qquad \text{(equação 4)}$$

Onde:
Q_{fo} = razão de desenvolvimento do calor, [kW];
h_k = coeficiente de transferência efetiva de calor, [kW/m²K];
A_t = área total do compartimento, [m²];
A_w = área da cobertura de ventilação, [m²];
h_w = altura da abertura de ventilação, [m].

Como a razão de liberação de calor por unidade de área pode ser definida para um ambiente de uma edificação, é possível, também, que seja definida a razão da liberação de calor da área de fogo conforme a equação 5 (SEITO, 2008, p. 46):

$$\mathrm{Q} = \mathrm{Q}''\ A_{fire} \qquad \text{(equação 5)}$$

Onde:
Q = razão de liberação de calor do incêndio, [kW];
Q” = razão de liberação de calor por unidade de área do incêndio, [kW/m²];
A_{fire} = área do incêndio, [m²].

As temperaturas do ambiente, na terceira fase da evolução do incêndio, atingem valores acima de 1.100°C e todos os materiais combustíveis presentes no local entrarão em combustão. De acordo com Seito (2008), a propagação do incêndio acontece pelas aberturas internas, coberturas e fachadas da edificação. O consumo de materiais que compõem a carga de incêndio é considerado constante, o que influencia na duração dessa etapa – a carga de incêndio passa de 80 a 30% do valor inicial. Há dois mecanismos para controle de incêndio quando atingir esse estágio: carga de incêndio e ventilação de carga.

O calor gerado durante essa fase é diretamente proporcional ao consumo da massa do combustível e de seu poder calorífico, podendo ser considerado em regime permanente. Neste caso, a equação 6, de acordo com a norma BS 3974[6] (2001 apud SEITO, 2008, p. 46-47), demonstra o cálculo da razão de desenvolvimento do calor em regime permanente.

$$Q' = m_f \, H_c \qquad \text{(equação 6)}$$

Onde:
Q’ = razão de desenvolvimento de calor em regime permanente, [kW];
m_f = razão de queima em massa do material, [kg/s];
H_c = poder calorífico efetivo da carga de incêndio, [kJ/kg].

Na quarta fase de evolução, o incêndio tem uma diminuição da intensidade e severidade à medida que vai se extinguindo os materiais combustíveis. A combustão dura em torno de trinta a cento e oitenta minutos e pode ser calculada pela equação 7 e 8 (SEITO, 2008, p. 47):

$$\frac{\partial T}{\partial t} = \frac{600}{\tau} \qquad \text{(equação 7)}$$

Onde:
$\partial T/\partial t$ = razão de mudança da temperatura, [°C];
T = temperatura interna do compartimento, [°C];
τ = carga de incêndio equivalente em madeira, [kg].

$$\tau = \frac{L}{m_f} \qquad \text{(equação 8)}$$

Onde:
τ = carga de incêndio equivalente em madeira, [kg];
L = comprimento, [m];

[6] BRITISH STANDARD INSTITUTION. **BS 3974**: Application off fire safety engineering principles to the design of buildings – code of practice. Londres, 2001.

m_f = razão de queima em massa do material combustível, [kg/s].

5 FUMAÇA

A prevenção e proteção contra incêndios em uma edificação envolve diversos aspectos. Há um conjunto de fatores importantes que devem ser projetados e muito bem pensados, para que não ocorram sinistros de incêndio e, caso ocorram, possam ser facilmente contidos ou extinguidos preservando a vida humana e a integridade da edificação. O controle e extração de fumaça é de extrema importância e a mesma, é responsável por 80% das mortes em sinistros de incêndio. Além disso, Silva et al. (2010, p. 23) afirma que, os produtos gasosos podem ser tóxicos e/ou asfixiantes e a fumaça, além de prejudicar a visibilidade no local, retém os ocupantes da edificação mais tempo em contato com os gases.

Segundo Brentano (2007, p. 282):

> A fumaça é uma mistura de partículas sólidas muito finas, que não queimaram totalmente, aerossóis, vapores e gases tóxicos em suspensão no ar; decorrentes de um material combustível submetido a uma combustão.

A parte visível dos produtos em combustão são partículas de matéria sólidas, que não queimaram totalmente, e vapores, que são gasosos, mas, ao entrarem em contato com a temperatura normal do ambiente, tornam-se sólidos ou líquidos por condensação (BRENTANO, 2007, p. 282).

De acordo com Seito (2008, p. 48), a composição química e o mecanismo de formação da fumaça são muito complexos. Na queima de combustíveis sólidos há uma combustão incompleta dos gases e dispersão de partículas, produzindo fuligem. Para Brentano (2007, p. 283), essa combustão incompleta provoca a formação de grandes quantidades de monóxido de carbono, CO – o gás mais tóxico. Quanto mais escura a fumaça, neste caso, maior a concentração deste gás. Combustíveis líquidos, quando em combustão, geram fumaça escura na queima incompleta de moléculas de hidrocarbonetos – resultantes de misturas inadequadas no centro da zona de combustão, devido à falta de oxigênio ou excesso de combustível. A combustão de gases não gera nenhum tipo de resíduo.

5.1 CORES DA FUMAÇA

A fumaça se difere quanto ao material que estiver em combustão. É possível identificar o tipo de combustível através da cor da fumaça em um incêndio. Por exemplo, a fumaça branca ou cinza clara (figuras 7 e 8) é resultante da queima de combustíveis comuns – madeiras, papéis, tecidos, etc. Se a coloração for preta ou cinza escuro (figuras 9 e 10), a fumaça é originária da combustão incompleta, geralmente, de produtos derivados de petróleo – pneus, óleos, gasolina, graxas, plásticos, etc. E, se a fumaça possuir cor vermelha ou amarela (figura 11) indica que a queima é de um combustível líquido e que, geralmente, seus gases são tóxicos (BAUMEL, 2012, p. 11-13).

Figura 7 – Fumaça Branca

(fonte: BUFFALO ..., 2011)

Figura 8 – Fumaça Cinza Claro

(fonte: INCÊNDIO ..., 2010)

Figura 9 – Fumaça Preta

(fonte: ENGEVEX, c2013)

Figura 10 – Fumaça Cinza Escuro

(fonte: AMANDO, c2014)

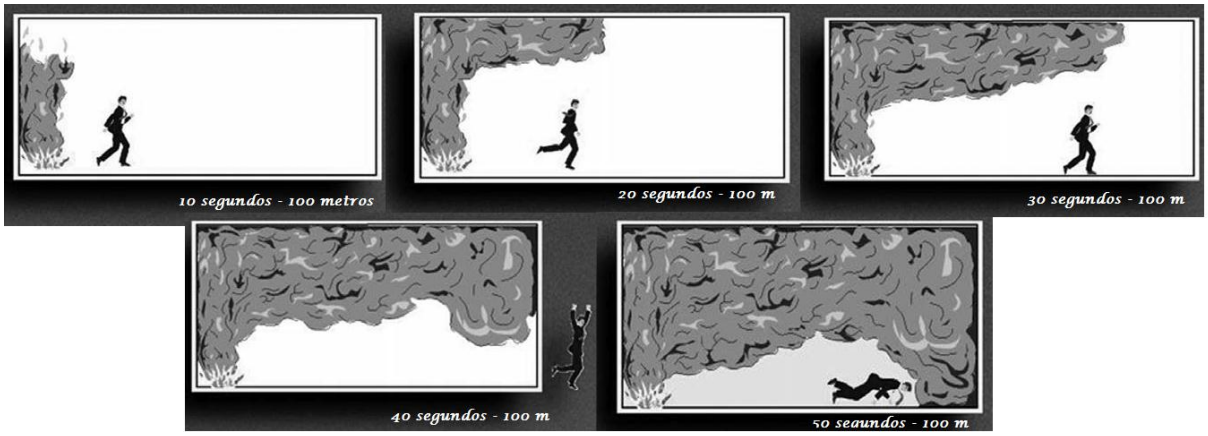
Figura 11 – Fumaça Amarela/Vermelha

(fonte: REGIÃO SUL, 2013)

5.2 DISPERSÃO DA FUMAÇA

A fumaça (quente) sobe rapidamente para o teto, devido a diferença de temperatura entre ela e o ar do ambiente e se propaga lateralmente pela parte inferior ao telhado, distanciando-se da sua fonte. A dispersão em um grande ambiente pode ocorrer em poucos minutos, dependendo dos obstáculos que a fumaça e os gases encontrarem ou não, no local. A figura 12 mostra o alastramento da fumaça em 50 segundos em um ambiente de 100 metros, conforme Cunha e Martinelli Júnior (2008, p. 260-261).

Figura 12 – Alastramento da fumaça em 50 segundos



(fonte: CUNHA; MARTINELLI JÚNIOR, 2008, p. 260-261)

De acordo Rocha (2013), o deslocamento da fumaça pode ser superior a 2 m/s, sendo mais rápida que a velocidade de fuga de um ocupante da edificação – em média de 1 a 2 m/s. Além disso, ao atingir uma lateral fechada, a fumaça desce e volta, confundindo os usuários de qual é a real direção do incêndio, que podem se deslocar para onde há fogo ao invés de fugir dele.

5.3 EFEITOS DA FUMAÇA

Os efeitos da fumaça são, particularmente, graves em um incêndio. Principalmente se o local sinistrado for confinado, aumentando a concentração de gases e demais fatores prejudiciais à vida humana. Segundo Brentano (2007, p. 282), os efeitos da fumaça sobre as pessoas:

a) impede a visibilidade;

b) dificulta a saída com segurança;

c) impede a aproximação para o socorro externo e o combate ao fogo;

d) provoca pânico;

e) intoxica;

f) asfixia;

g) corrói objetos frágeis, componentes eletrônicos, etc.

Brentano (2007, p. 283) afirma que, os gases, invisíveis e tóxicos (muitas vezes) se difundem com a fumaça propagando o fogo. Essa mistura de fumaça e gases provoca efeitos diferenciados nas pessoas, tais como:

a) diminuem a visibilidade devido à atenuação do local;

b) provocam o lacrimejamento e irritação nos olhos;

c) provocam a alteração da atividade orgânica pela aceleração da respiração das batidas cardíacas;

d) provocam vômito e tosse;

e) provocam medo;

f) provocam pânico e desorientação;

g) intoxicam e asfixiam.

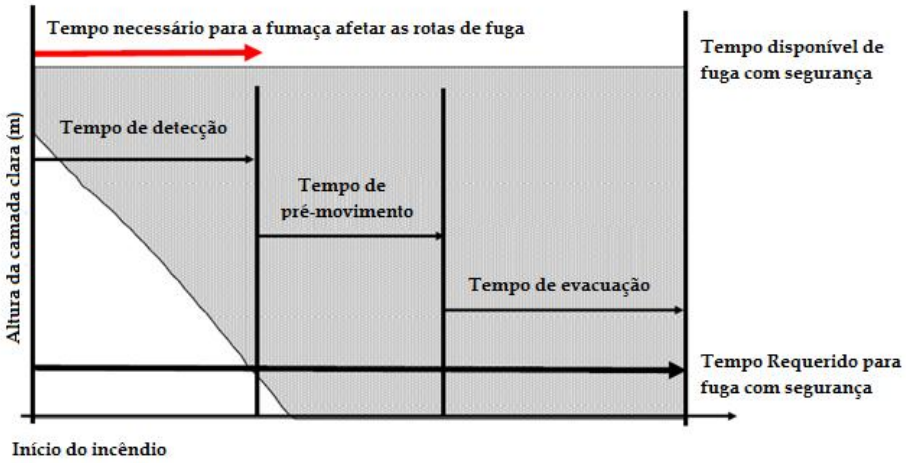
5.3.1 Visibilidade para evacuação

Produtos da combustão, tóxicos, de acordo com Viegas e Cruz (2012), apresentam partículas de carbono (fuligem), obscurecendo a visão e dificultando a identificação do caminho de evacuação da edificação. Segundo Brentano (2007), a fumaça impede e/ou reduz a visibilidade do local, dificultando a locomoção das pessoas e a entrada do Corpo de Bombeiros para combate ao incêndio. Permanecendo mais tempo no ambiente as pessoas ficam expostas por um período maior a gases e a vapores tóxicos, que associados ao pânico, angústia e estado apreensivo, e também à redução de oxigênio disponível no ar, contribuem para diminuição na capacidade de raciocínio e coordenação motora. Assim, o tempo levado para a evacuação aumenta, visto que há dificuldade das pessoas encontrarem as rotas de fuga bem como serem socorridas.

Os gráficos 2 e 3 mostram que o tempo que as pessoas levam para fugir com segurança considera o tempo de detecção de que está ocorrendo o incêndio, o tempo de começar a

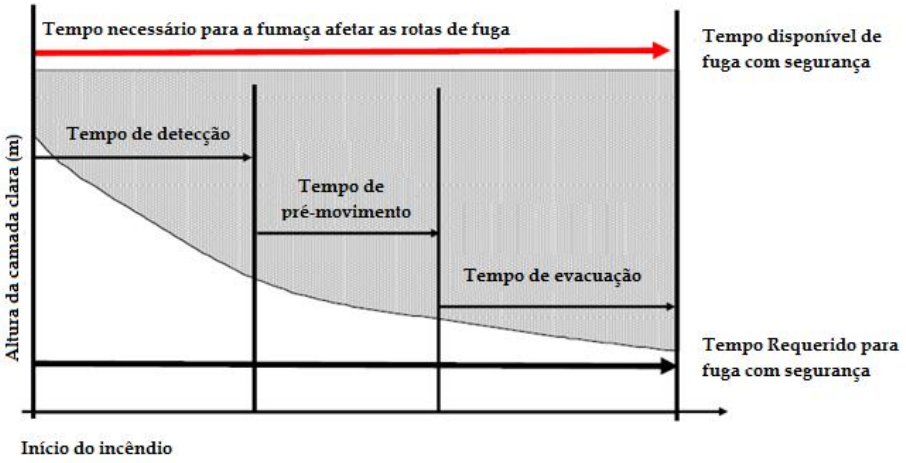
encontrar um caminho de fuga e o tempo de fuga. Os gráficos também apontam o tempo necessário para que a fumaça afete as rotas de fuga e os tempos disponível e requerido para fuga com segurança. Locais com sistemas de controle e extração de fumaça permitem que o ocupante da edificação fuja com segurança, dentro de um tempo limite em que a fumaça não o afete. Assim, nota-se que o tempo de evacuação requerido deve ser menor do que o disponível para isso.

Gráfico 2 – Tempos de fuga para edificação sem sistemas de controle e extração de fumaça



(fonte: adaptado de COLT, c2014c)

Gráfico 3 – Tempos de fuga para edificação com sistemas de controle e extração de fumaça



(fonte: adaptado de COLT, c2014c)

5.3.2 Toxicidade – agentes nocivos à saúde

A fumaça possui composição química altamente complexa e variável, podendo apresentar cerca de duas centenas de substâncias com quantidades percentuais variando conforme o estágio do incêndio. A composição química do material em combustão, o calor e a oxigenação presente no ambiente, influenciam na formação dessas substâncias (SEITO, 2008, p. 51).

Os gases tóxicos, de acordo com Falcão[7] (1995 apud SOUZA, 2012, p. 27), podem ser classificados em seis grupos, considerando os principais efeitos psicológicos associados à exposição:

> a) naturais: aqueles presentes normalmente no ar e que não produzem efeitos danosos em concentrações normais e à pressão atmosférica normal. Ex.: oxigênio, nitrogênio, dióxido de carbono;
>
> b) asfixiantes: aqueles que impedem ou privam os tecidos, de obter o oxigênio. Ex.: monóxido de carbono;
>
> c) irritantes: os que produzem inflamações nas membranas das mucosas do aparelho respiratório ou dos olhos, tais como o fosfogênio, dióxido de enxofre, fumos nitrosos, amoníacos, ozônio, etc;
>
> d) tóxicos: os que depois de sua absorção, agem como venenosos sobre os tecidos. Ex.: dissulfeto de hidrogênio;
>
> e) narcóticos: aqueles que depois de sua absorção, produzem efeitos anestésicos em maior ou menor grau. Ex.: dissulfeto de hidrogênio;
>
> f) vesicantes: são os que além de irritantes provocam vesículas na pele.

Segundo relata Mitidieri (2008, p. 65), gases tóxicos provocam, além de asfixia, lesões nas vias respiratórias, intoxicação, devido à sua composição, e queimaduras, pelas altas temperaturas durante o incêndio. O primeiro gás a ser inalado, quando ocorre a combustão completa dos materiais envolvidos no sinistro, é o dióxido de carbono (CO_2). Mesmo não sendo tóxico, este gás é prejudicial, pois, estimula a respiração contribuindo para uma maior inalação de outros gases presentes no ambiente. O volume de ar respirado triplica caso a concentração de CO_2 no ar for entre 2 e 4 %.

Outro fator que influencia no aumento da velocidade de respiração é o estado de pânico que se encontram os ocupantes da edificação durante o incêndio. De acordo com o mesmo autor, pode-se relacionar consequências físicas e psíquicas (que provocam pânico e perda de razão) a situação

[7] FALCÃO, R. J. K. **Tecnologia de proteção contra incêndio**. Rio de Janeiro: 1995.

que uma pessoa é submetida durante o sinistro. A idade, as condições de saúde, além das diferentes concentrações do gás no ar, e do tempo de exposição a ele, tem diferentes relações de efeito da inalação de monóxido de carbono (CO). Períodos curtos de tempo podem gerar vítimas fatais caso haja alta concentração de CO. A tabela 2 relaciona os sintomas de acordo com a concentração de monóxido de carbono no ambiente. Os valores são baseados em adultos saudáveis e não podem se generalizados, tendo em vista que idade e estado de saúde influenciam no efeito da exposição ao gás tóxico.

Tabela 2 – Sintomas típicos de exposição ao monóxido de carbono

CONCENTRAÇÃO (PPM)	SINTOMAS
35	nenhum sintoma adverso dentro de 8 horas de exposição
200	dor de cabeça após 2 a 3 horas de exposição
400	dor de cabeça e náusea após 1 a 2 horas de exposição
800	dor de cabeça, náusea e distúrbios após 45 minutos de exposição; morte em até 2 horas de exposição
1.000	perda da consciência
1.600	dor de cabeça, náusea e distúrbios após 5 a 10 minutos de exposição, perda da consciência após 30 minutos de exposição
12.800	efeitos fisiológicos imediatos, perda da consciência e risco de vida após 1 a 3 minutos de exposição

(fonte: MITIDIERI, 2008, p. 65)

A toxicidade da fumaça depende dos gases encontrados nos materiais combustíveis. Conforme citado por Seito (2008, p. 51), os gases tóxicos encontrados em incêndios são:

> a) monóxido de carbono – CO: é encontrado em todos os incêndios e é resultado da combustão incompleta dos materiais combustíveis a base de carbono, como a madeira, tecidos, plásticos, líquidos inflamáveis, gases combustíveis, etc. O efeito tóxico deste gás é a asfixia, pois ele substitui o oxigênio no processo de oxigenação do cérebro efetuado pela hemoglobina. A hemoglobina é o componente do sangue responsável pela oxigenação das células do corpo humano. [...] provocando a asfixia do cérebro pela falta de oxigênio. Esse é um processo reversível, porém lento, portanto, quando as pessoas forem afetadas por este gás é fundamental que elas recebam muito oxigênio e fiquem em repouso. A anóxia produzida pelo monóxido de carbono não cessa pela respiração do ar fresco, como no caso dos asfixiantes simples. Após moderado grau de exposição, somente em torno de 50% do monóxido de carbono inalado é eliminado na primeira hora em circunstâncias ordinárias e sua eliminação completa leva algumas horas quando se respira ar fresco. A concentração máxima de monóxido de carbono que uma pessoa pode se expor sem sentir seu efeito é de 50 ppm (parte por milhão) ou 0,005%, em volume no ar. Acima deste nível aparecem sintomas como dor de cabeça, fadiga e tonturas;

b) gás carbônico – CO_2: é encontrado também em todos os incêndios e é resultado da combustão completa dos materiais combustíveis a base de carbono. A toxicidade do gás carbônico é discutível. Algumas publicações não o citam como gás tóxico, dizem que o mal-estar é devido à diminuição da concentração de oxigênio pela presença dele no ambiente, enquanto outras dizem ser tóxico. Entretanto, como efeito nas pessoas que inalam o gás carbônico foi verificado que a respiração é estimulada, os pulmões dilatam-se e aumenta a aceleração cardíaca. O estimulo é pronunciado na concentração de 5% e após a exposição de 30 min produzem sinais de intoxicação; acima de 7% ocorre a inconsciência pela exposição de alguns minutos. O limite tolerável pelas pessoas é em torno de 5.000 ppm ou 0,5% em volume no ar;

c) gás cianídrico, cianeto ou cianureto de hidrogênio – HCN: é produzido quando materiais que contém nitrogênio em sua estrutura molecular sofrem a decomposição térmica. Materiais mais comuns que produzem o gás cianídrico na sua queima são: seda, náilon, orlon, poliuretano, uréia-formoldeido, acrilonitrila, butadieno e estireno. O gás cianídrico e outros compostos cianógenos bloqueiam a atividade de todas as formas de seres vivos. Eles exercem uma ação inibidora de oxigenação nas células vivas do corpo;

d) gás clorídrico – HCl: é um gás da família dos halogenados; os outros são HBr (gás bromídrico), HF (gás fluorídrico) e HI (gás iodídrico). O cloro é o halogênio utilizado para inibir o fogo nos materiais sintéticos, sendo comum encontrá-lo nas estruturas dos diversos materiais de construção que sejam feitos de PVC - cloreto de polivinil. Seu efeito é lesar a mucosa do aparelho respiratório, em forma de ácido clorídrico (gás clorídrico + umidade da mucosa), provocando irritação quando a concentração é pequena, tosse e ânsia de vômito em concentrações maiores e finalmente lesão seguido de infecção;

e) óxidos de nitrogênio – NO_x: uma grande variedade de óxidos, óxi-ácidos e óxi-anions, correspondentes aos estados de oxidação do nitrogênio de +1 a +5, pode ser formada num incêndio. As suas formas mais comuns são: monóxido de dinitrogênio (N_2O); óxido de nitrogênio (NO); dióxido de nitrogênio (NO_2) e tetróxido de dinitrogênio (N_2O_4). O óxido de nitrogênio não é encontrado livre na atmosfera porque é muito reativo com o oxigênio formando o dióxido de nitrogênio. Esses componentes são bastante irritantes inicialmente; em seguida, tornam-se anestésicos e atacam particularmente o aparelho respiratório, onde forma os ácidos nitroso e nítrico, em contato com a umidade da mucosa. Esses óxidos são produzidos, principalmente, pela queima de nitrato de celulose e decomposição dos nitratos inorgânicos;

f) gás sulfídrico – H_2S: é um gás muito comum no incêndio e é produzido na queima de madeira, alimentos, gorduras e produtos que contenham enxofre. Seu efeito tóxico sobre o homem é a paralisação do sistema respiratório e dano ao sistema nervoso.

Mitidiere (2008, p. 65) reforça que, a fumaça aumenta à medida que a concentração de oxigênio diminui no ambiente, a combustão dos materiais torna-se incompleta e, o dióxido de carbono desenvolve o monóxido de carbono (CO) – que é letal para o homem. Quando combinado com a hemoglobina do sangue origina-se uma substância não eliminável (carboxihemoglobina) que provoca desmaios e posteriormente, morte por asfixia. Irritação nos olhos e diminuição de visibilidade – pela fumaça densa e opaca – de sinalizações e saídas de emergências são ocasionadas pelos gases clorídricos (HCl) e nitrosos (HCN) presentes nos materiais sintéticos. Devido a isso, ocorrem quedas das pessoas durante a tentativa de fuga da edificação aumentando o número de vítimas no incêndio.

A tabela 3 compara valores de vítimas intoxicadas por inalação de fumaça e por vítimas de queimaduras em incêndios ocorridos nos Estados Unidos, no período de 1979 a 1992.

Tabela 3 – Vítimas Fatais: Queimaduras x Intoxicação por Inalação de Fumaça

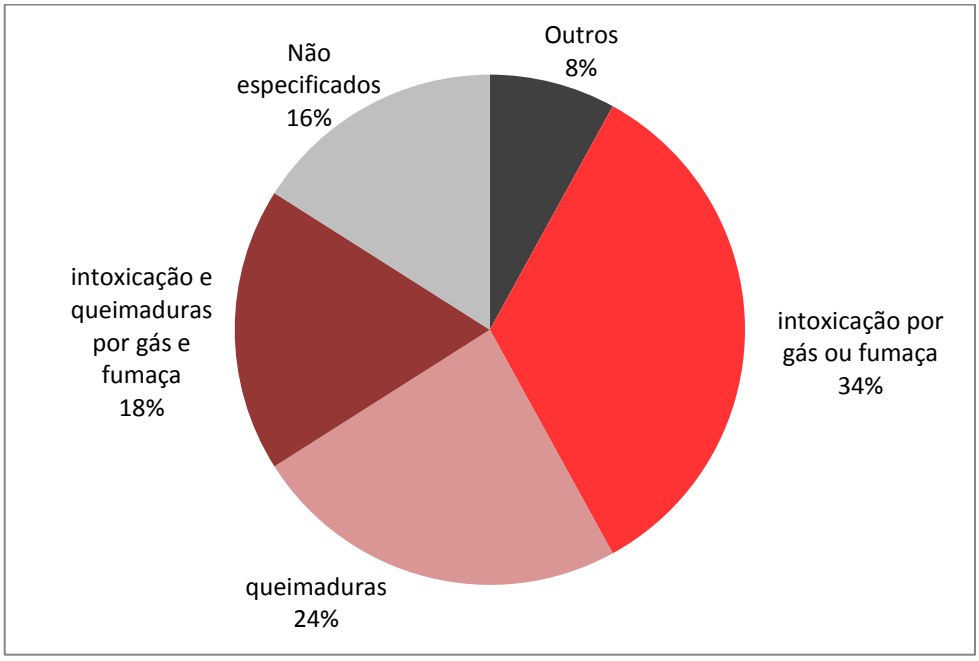
ANO	TOTAL	INALAÇÃO POR FUMAÇA		QUEIMADURA		OUTROS
1979	5.998	3.515	(58.6%)	2.262	(37,7%)	221 (3,7%)
1980	5.822	3.515	(60,4%)	2.079	(35,7%)	228 (3,9%)
1981	5.697	3.501	(61,4%)	2.048	(35,9%)	148 (2,6%)
1982	5.210	3.396	(65,2%)	1.683	(32,3%)	130 (2,5%)
1983	5.039	3.245	(64,4%)	1.654	(32,8%)	140 (2,8%)
1984	5.022	3.277	(65,2%)	1.625	(32,4%)	121 (2,4%)
1985	4.952	3.311	(66,9%)	1.498	(30,3%)	143 (2,9%)
1986	4.835	3.328	(68,8%)	1.415	(29,3%)	92 (1,9%)
1987	4.710	3.307	(70,2%)	1.301	(27,6%)	102 (2,2%)
1988	4.965	3.480	(70,1%)	1.378	(27,8%)	106 (2,1%)
1989	4.723	3.308	(70,0%)	1.311	(27,8%)	103 (2,2%)
1990	4.181	2.986	(71,4%)	1.138	(27,2%)	57 (1,4%)
1991	4.126	2.977	(72,2%)	1.078	(26,1%)	70 (1,7%)
1992	3.966	2.866	(72,3%)	995	(25,1%)	105 (2,6%)
MÉDIA	4.946	3.287	67%	1.533	31%	126 (2%)

(fonte: adaptado de MITIDIERI, 2008, p. 66)

Conforme citado por Seito (2008), os gases tóxicos mais encontrados em sinistros de incêndio são: o monóxido de carbono (CO); o gás carbônico (CO_2); o gás cianídrico, cianeto ou cianureto de hidrogênio (HCN); o gás clorídrico (HCl); o óxido de nitrogênio (NO_x); e o gás sulfídrico (H_2S). E estes gases são responsáveis pela maioria das mortes nestes episódios.

Segundo estatísticas, de 2011, de mortes, no Reino Unido, em incêndios, nota-se no gráfico 4 que a maioria das mortes (72%) é causada devido aos gases e fumaça presentes durante o sinistro.

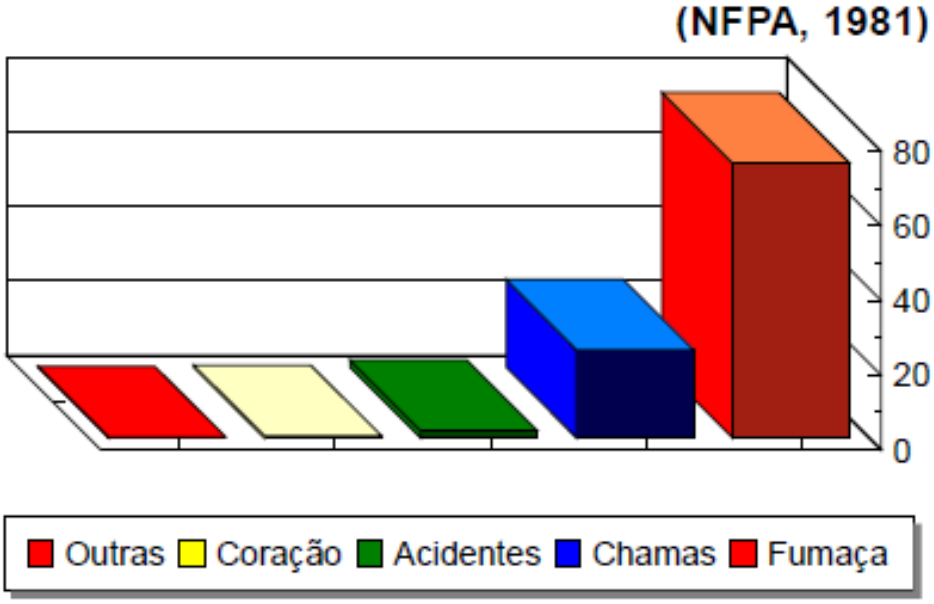
Gráfico 4 – Mortes em incêndios (Reino Unido)



(fonte: adaptado de COLT, c2014c)

Não diferente disto, de acordo com Tocantins (2008, p. 2), a fumaça é responsável por quase 80% das mortes, conforme o gráfico 5.

Gráfico 5 – Mortes em incêndios NFPA (1981)



(fonte: TOCANTINS, 2008)

5.3.3 Temperatura devido à fumaça e gases

As altas temperaturas no ambiente, também, estão relacionadas com a fumaça e gases liberados e não somente pelas chamas do fogo. Segundo Mitidieri (2008), além de intoxicação, asfixia e lesões nas vias respiratórias, os gases tóxicos provocam queimaduras devido as suas elevadas temperaturas. De acordo com Souza et al. (2004, p. 558):

> A produção de fumaça depende de dois processos: pirólise e oxidação. A pirólise é o fenômeno de liberação de elementos do combustível causada exclusivamente pela ação do calor, através do derretimento ou fervura. A oxidação é o processo em que o oxigênio reage quimicamente com moléculas do combustível quebrando-as em compostos menores que resultam na produção de luz e calor.

O calor gerado no processo de oxidação aumenta a temperatura do ambiente. Segundo Brentano (2007), as altas temperaturas no local, devido a fumaça e a gases liberados durante o incêndio, tornam o ambiente propício à propagação do fogo e a causar queimaduras. Souza et al. (2004, p. 258) afirma que:

> A lesão inalatória é o resultado do processo inflamatório das vias aéreas após a inalação de produtos incompletos da combustão e é a principal responsável pela mortalidade (até 77%) dos pacientes vítimas de queimaduras.

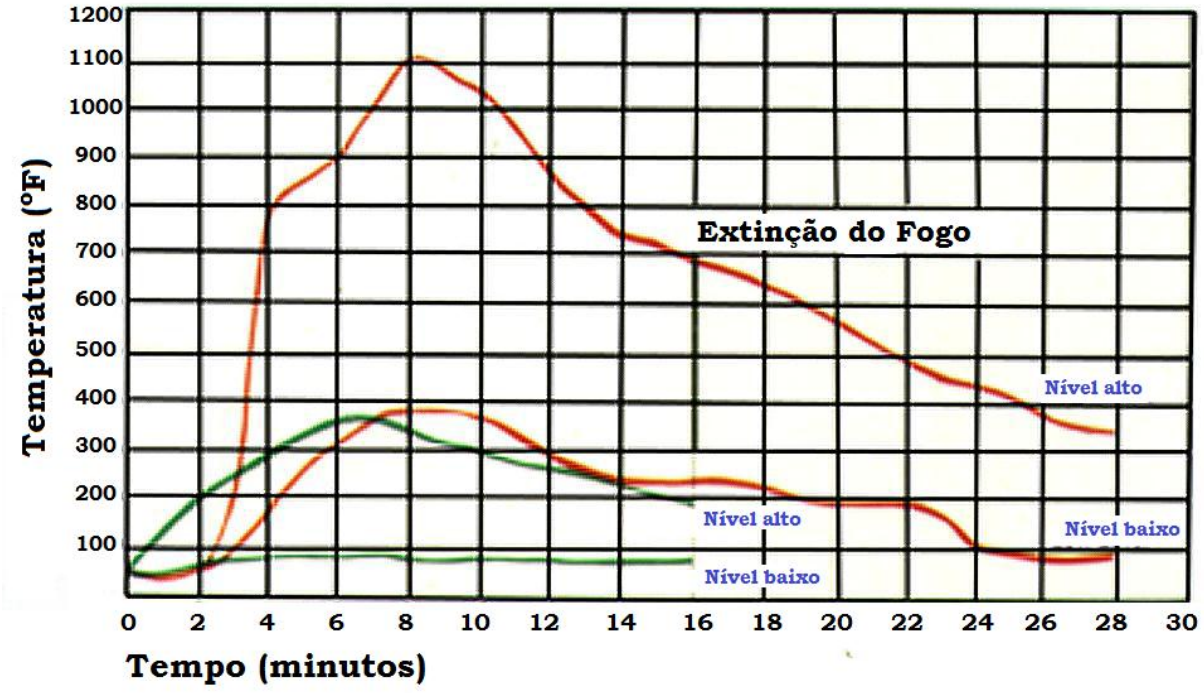
Para Souza et al. (2004), os gases podem ser divididos em duas categorias, conforme o mecanismo de lesão: asfixiantes e irritantes. Os gases asfixiantes retiram o oxigênio do ambiente. Isso ocorre tanto pela diminuição do oxigênio disponível no ar inspirado, como por outros mecanismos de impedimento na captação e distribuição de oxigênio pelo sistema cardiovascular. O dióxido de carbono, que diminui a fração de oxigênio do ambiente, e o monóxido de carbono, que ao se ligar com a hemoglobina, diminui a quantidade de oxigênio disponibilizada aos tecidos, são considerados gases asfixiantes.

Os gases irritantes causam lesão na mucosa através de reações de desnaturação ou oxidação, podendo causar traqueobronquite química, broncoespasmo e edema pulmonar. O local das lesões varia conforme a solubilidade desses gases em água. Os mais solúveis, como o dióxido de enxofre e a amônia, geralmente, provocam reações nas vias aéreas superiores – sensação de dor no nariz, boca, faringe e olhos. Os gases pouco solúveis causam lesões mais distais nas vias aéreas, ou seja, periféricas, e podem permitir exposição oligossintomática (sem apresentar sintomas da doença) aumentando a possibilidade de lesão parenquimatosa (lesão nos tecidos), por serem pouco irritantes para as vias aéreas superiores.

A temperatura da fumaça inalada raramente provoca lesões em locais abaixo da laringe. Mesmo com a alta temperatura, a fumaça tende a ser seca, diminuindo o potencial de troca de calor. As lesões térmicas diretas em vias aéreas superiores são caracterizadas pela presença de ulcerações de mucosa, edema e eritema, com possibilidade de sangramento local ou obstrução da área acometida (SOUZA et al., 2004).

Locais com sistemas de ventilação para extração de fumaça possuem temperaturas menores do que locais não ventilados, como pode ser observado no gráfico 6, e contribuem para a diminuição de queimaduras bem como diminui o tempo para que o fogo se extingua.

Gráfico 6 – Temperaturas em ambientes com e sem ventilação
para extração de fumaça



(fonte: adaptado de COLT, c2014)

5.4 ENSAIOS

Gallo e Agnelli (1998) enfatizam, “Em adição aos efeitos danosos da fumaça sobre os seres humanos, há também consequências altamente indesejáveis sobre instalações e equipamentos devido a seus componentes corrosivos.”. Efeitos de toxicidade e corrosão podem ser medidos em testes específicos, o que também é importante para avaliação da potencialidade de risco, dos materiais utilizados em uma edificação, à exposição das condições de incêndio. Os

métodos ópticos podem medir a fração de luz absorvida ou obstruída pela fumaça. Métodos gravimétricos medem a emissão de fumaça e são baseados na determinação de massa de suas partículas que são depositadas sobre um filtro em condições padronizadas. Os métodos ópticos são mais utilizados, pois, a capacidade das pessoas identificarem saídas de emergência – por sinais luminosos e placas – facilita a evacuação e diminui o pânico entre os usuários, contribuindo para a facilidade de entrada e saída dos bombeiros no local para combate ao incêndio.

Um dos métodos mais utilizados é o ASTM E662[8] (1983 apud GALLO; AGNELLI, 1998), que se baseia em fixar um corpo de prova de 76,2 mm² em um suporte no interior de uma câmara completamente fechada, de medidas (914x610x914) mm, de forma que uma área de 65,1 mm² seja exposta ao calor em duas situações: condições de chama e/ou ação de resistência radiante. O fluxo de 2,5 W/cm² na superfície exposta do corpo de prova, como fonte de calor é ajustado para as duas situações distintas. Para minimização de erros é utilizado um fotômetro de caminho óptico vertical, devido à estratificação da fumaça (GALLO; AGNELLI, 1998).

Segundo os mesmos autores, a emissão da fumaça é medida pela sua densidade, definida na equação 9:

$$D_s = 132 \log \frac{100}{T} \qquad \text{(equação 9)}$$

Onde:
D_s = densidade de fumaça;
T’ = transmitância do feixe de luz, medida diretamente no fotômetro, [°C];

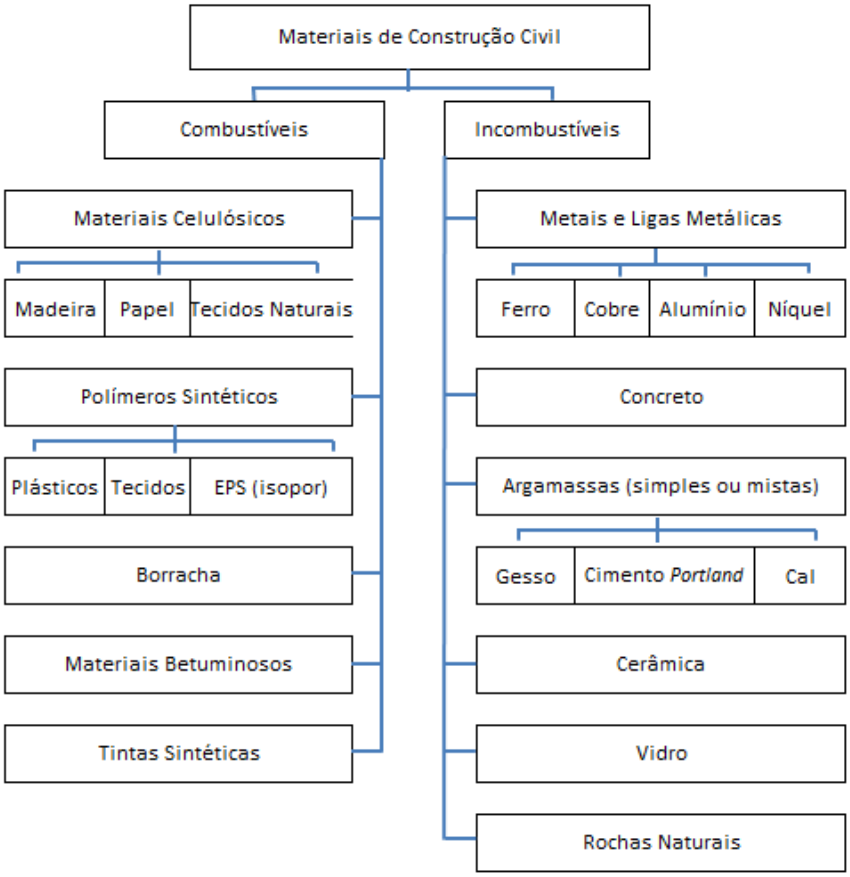
Com esses resultados pode-se definir a máxima densidade de fumaça emitida e o tempo necessário para atingir essa densidade máxima – na presença e ausência de chama. A última, situação mais crítica, pois, o monóxido de carbono e a fuligem não são totalmente oxidados (GALLO; AGNELLI, 1998).

[8] American Society for Testing and Materials. **ASTM E662**. Standard test method for specific optical density of smoke generate by solid materials. [S. l.], 1983.

5.5 MATERIAIS

Para que as edificações sejam mais seguras, reduzindo a emissão de fumaça em caso de incêndio, seria necessária a utilização de materiais incombustíveis nas construções – que sofrem com a ação térmica, mas não geram fumaça, nem gases. A figura 13 mostra materiais classificados em combustíveis e incombustíveis.

Figura 13 – Classificação de materiais quanto à formação de fumaça e gases



(fonte: COSTA, 2011)

Como a utilização somente de materiais que não produzam fumaça e gases não é possível, em uma edificação, é necessário criar um ambiente com condições de controle e extração de fumaça que preservem a vida humana e a edificação. Para isso, através das normas é possível aumentar a segurança do usuário em uma edificação caso haja um incêndio, seja controlando a situação, minimizando ou extinguindo-a.

6 REGULAMENTAÇÃO

A ausência de legislação e regulamentação de âmbito nacional para proteção a incêndios em edificações no Brasil e a falta de atuação dos órgãos responsáveis pela fiscalização destes, a fim de que possam garantir o mínimo de segurança às novas edificações e, àquelas existentes, mostra qual é o cenário do país em relação à segurança contra incêndios. Não existe uma norma brasileira de prevenção contra incêndios em edificações segundo ONO (2004). Cada Estado e Município tem sua Legislação própria baseada ou não em Normas Técnicas existentes, referentes a: extintores, hidrantes, acionadores manuais, detectores automáticos, chuveiros automáticos, iluminação, pára-raios etc.

No Brasil houve um grande crescimento dos centros urbanos em um curto espaço de tempo e a SCIE não acompanhou esse desenvolvimento, por ser colocada em segundo plano, devido à sua complexidade, e devido à necessidade de atender primeiro a necessidades básicas como a construção de infra-estrutura. Por outro lado, as limitações técnicas ou de recursos agravaram esse cenário.

No Brasil, como em outros lugares, não existe um consenso sobre a aplicação absoluta das normas de uma ou outra organização. Isso acontece, em parte, porque determinadas especificações técnicas entram em conflito com as especificações brasileiras. Por exemplo, em um projeto de centros de dados e de telecomunicações a área para equipamentos de tecnologia da informação deverá estar localizada num edifício completamente protegido por sprinklers automáticos de acordo com especificações da NFPA 13[9] (2002 apud MORAES, 20--). Devem conter fechamentos resistentes ao fogo e as aberturas deverão estar protegidas para evitar a propagação do fogo e para restringir o movimento da fumaça. No entanto, segundo Moraes (20--), no Brasil não se considera a água como uma alternativa para a proteção destes centros. Por outro lado, as normas internacionais foram elaboradas para um determinado cenário que, muitas vezes, não se encaixa diretamente à realidade do Brasil.

Consequentemente, na falta de normas nacionais, as normas internacionais vêm sendo utilizadas como referência no Brasil ou sendo adaptadas para a formulação de normas nacionais, estaduais, municipais, bem como de instruções técnicas do Corpo de Bombeiros. É

[9] National Fire Protection Association. **NFPA 13**: Installation of sprinkler systems. Quincy, 2002.

comum encontrar em um mesmo documento normativo brasileiro referência a normas norte-americanas e a normas europeias.

6.1 NORMAS INTERNACIONAIS

As organizações internacionais como a *National Fire Protection Association* (NFPA), a *British Standards Institution* (BSI) e a *German Institute for Standardization* (DIN), entre outras, têm desenvolvido, ao longo dos anos, um trabalho fundamental na criação de normas de referência na Segurança Contra Incêndio em Edificações (SCIE). Os resultados obtidos em centros de pesquisa de renome, como o *National Institute of Standards and Technology* (NIST), são, muitas vezes, incorporados nos códigos e normas. A seguir um breve histórico dessas associações e apresentação dessas associações e instituições criadoras das normas internacionais, e suas abordagens, referentes ao controle de extração e controle de fumaça.

6.1.1 National Fire Protection Association (NFPA)

A associação internacional NFPA, fundada em 1896, é uma organização internacional sem fins lucrativos que objetiva a redução de riscos e efeitos do fogo, fornecendo e defendendo códigos e normas, investigações, formação e educação. A NFPA é uma prestigiada referência mundial e internacionalmente reconhecida como uma autoridade em normas e regulamentos técnicos de SCIE, com mais de 70 mil pessoas atuando de quase 100 nações e possuindo cerca de 300 códigos e normas que estabelecem critérios para construção, reforma, projeto, serviço e instalação nos Estados Unidos, assim como em outros países. Possui mais de 200 comitês de código e de padrão de desenvolvimento técnico compostos por mais de 6.000 bancos de voluntariado – que podem votar em propostas e revisões de processos do *American National Standards Institute* (ANSI). A NFPA oferece acesso online e gratuito de todos seus códigos e normas. Dentre as normas da NFPA referentes ao controle e extração de fumaça se destacam (NATIONAL FIRE PROTECTION ASSOCIATION, c2014):

a) NFPA92 (Norma para sistemas de controle de fumaça);
b) NFPA92A (Norma para sistemas de controle de fumaça – utilizando barreiras e diferenças de pressão);
c) NFPA92B (Norma para sistemas de Gestão de fumaça em *shoppings*, átrios e grandes espaços);

d) NFPA96 (Norma para controle de ventilação e proteção de incêndios para cozinhas comerciais);

e) NFPA105 (Norma de instalação de porta controle de fumaça e outras aberturas protetoras);

f) NFPA204 (Padrão para ventilação de calor e fumaça);

g) NFPA258 (Prática recomendada para determinar a produção de fumaça de materiais sólidos);

h) NFPA262 (Método padrão de teste para a movimentação de chama e fumaça de fios e cabos em espaços de tratamento de ar);

i) NFPA270 (Método de teste padrão para medição de obscurecimento por fumaça, usando uma fonte radiante cônica numa única câmara fechada);

j) NFPA271 (Método padrão de teste para as taxas de liberação de calor e fumaça visível de materiais e produtos, utilizando um calorímetro do oxigênio consumido);

k) NFPA272 (Método padrão de teste para as taxas de liberação de calor e fumaça invisível para componentes de móveis estofados ou compósitos e colchões usando um calorímetro do oxigênio consumido).

6.1.2 International Standard Organization (ISO)

A associação internacional ISO, fundada em 1947, é a maior desenvolvedora mundial de normas internacionais voluntárias, com intuito de estabelecer especificações para produtos e serviços e boas práticas colaborando para que a indústria seja mais eficiente. É uma organização independente (não-governamental) composta por membros de 162 países e 3.368 órgãos técnicos, com mais de 150 pessoas trabalhando em secretarias centrais coordenadoras em Genebra e na Suíça. Possui mais de 19.500 normas abrangendo quase todos aspectos de tecnologia e fabricação. As principais normas da ISO referentes a sistemas de controle e extração de fumaça são (INTERNATIONAL STANDARD ORGANIZATION, c2014):

a) ISO 8421-5:1988 (Proteção contra incêndios – Vocabulário – Parte 5: controle de fumaça);

b) ISO 21367:2007 (Plásticos – reação ao fogo – Método de ensaio para a propagação das chamas e lançamento do produto em combustão a partir de espécimes orientados verticalmente);

c) ISO 21927-1:2008 (Sistemas de controle de calor e fumaça – Parte 1: especificação para barreiras de fumaça);

d) ISO 21927-2:2006 (Sistemas de controle de calor e fumaça – Parte 2: especificação para ventiladores de exaustão de calor e fumaça natural);

e) ISO 21927-3:2006 (Sistemas de controle de calor e fumaça – Parte 3: especificação para ventiladores de exaustão de calor e fumaça);

f) ISO 21927-9:2012 (Sistemas de controle de calor e fumaça – Parte 9: especificação para equipamentos de controle);

g) ISO 21927-10:2011 (Sistemas de controle de calor e fumaça – Parte 10: especificação para dispositivos de saída de energia);

h) ISO 5925-1:2007 (Testes de incêndio – porta-controle de fumaça e conjuntos de obturadores – Parte 1: testes de vazamento em temperatura ambiente e média);

i) ISO/TR 5925-2:2006 (Testes de incêndio – porta-controle de fumaça e conjuntos de obturadores – Parte 2: comentário sobre método de ensaio e da aplicabilidade de condições de teste e o uso de dados de teste em uma estratégia de contenção de fumaça).

6.1.3 British Standards Institution (BSI)

A BSI, fundada em 1901, é uma empresa multinacional de negócios, com atividade principal de produção de normas e prestação de serviços em padrões relacionados ajudando organizações do mundo todo a fazer da excelência um hábito. A instituição londrina está presente em 150 países, possui 10.000 membros em comitês que moldam os códigos de boas práticas e padrões. Algumas das normas existentes para controle de fumaça são (BRITISH STANDARDS INSTITUTION, c2014):

a) BS 5588-4:1998 (Precauções contra incêndios no projeto, construção e utilização de edifícios. Código de prática para controle de fumaça usando diferenciais de pressão);

b) BS 7346-4:2003 (Componentes para sistemas de controle de fumaça e calor. Recomendações funcionais e métodos de cálculo para sistemas de ventilação de exaustão de fumaça e calor, empregando fogos de projeto de estado estacionário. Código de boas práticas);

c) BS 7346-5:2005 (Componentes para sistemas de controle de fumaça e calor. Recomendações funcionais e métodos de cálculo para sistemas de ventilação de exaustão de fumaça e calor, empregando fogos de projeto dependentes de tempo. Código de boas práticas);

d) BS 7346-7:2013 (Componentes para sistemas de controle de fumaça e calor. Código de boas práticas sobre as recomendações funcionais e método de cálculo para sistemas de controle de fumaça e calor para parques e estacionamentos cobertos);

e) BS 7346-8:2013 (Componentes para sistemas de controle de fumaça. Código de prática para planejamento, projeto, instalação, comissionamento e manutenção);

f) BS EN 12101-2:2003 (Sistemas de controle de calor e fumaça. Especificação para barreiras de fumaça);

g) BS EN 12101-2:2003 (Sistemas de controle de calor e fumaça. Especificação para ventiladores de exaustão natural de calor e fumaça);

h) BS EN 12101-6:2005 (Sistemas de controle de calor e fumaça. Especificação para sistemas de diferencial de pressão. Kits);

i) BS EN 12101-7:2011 (Sistemas de controle de calor e fumaça. Seções de duto para fumaça);

j) BS EN 12101-8:2011 (Sistemas de controle de calor e fumaça. *Dumpers* para controle de fumaça);

k) BS EN 12101-10:2005 (Sistemas de controle de calor e fumaça. Fontes de alimentação);

l) BS 4422-5:1989, ISO 8421-5:1988 (Glossário de termos associados ao fogo. Controle de fumaça);

m) BS 4422:2005 (Fogo. Vocabulário).

n) BS ISO 21927-2:2006+A1:2010 (Sistemas de controle de calor e fumaça. Especificação para ventiladores naturais de fumaça e calor);

6.1.4 Portugal (Portaria e Decreto)

Em Portugal, a portaria nº 1532 de 2008 e o Decreto-lei nº 220 de 2008, especificam os requisitos de SCIE. O Decreto nº 220 tem como um dos princípios gerais a preservação da vida humana, do ambiente e do patrimônio minimizando os efeitos dos incêndios, como a propagação de fumaça e gases (PORTUGAL, 2008b). A portaria nº 1532 apresenta critérios de segurança para que edificações liberem a fumaça e gases tóxicos para o exterior reduzindo a contaminação e temperatura dos espaços, mantendo condições de visibilidade (PORTUGAL, 2008a).

Segundo Portugal (2008b), o Decreto-lei nº 220 engloba as disposições regulamentares de segurança contra incêndio aplicáveis a todos os edifícios e recintos, distribuídos por 12 utilizações-tipo, sendo cada uma delas estratificada por quatro categorias de risco de incêndio. São considerados não apenas os edifícios de utilização exclusiva, mas também os edifícios de ocupação mista. O Decreto-lei nº 220 estabelece um novo regime jurídico e foi publicado no

seguimento de um movimento reformador na SCIE em Portugal, adotando especificações europeias quanto à classificação da resistência e de reação ao fogo.

6.2 NORMAS BRASILEIRAS

A legislação sobre controle de fumaça, de acordo com o Conselho Regional de Engenharia e Agronomia do Rio Grande do Sul (2013), é bastante escassa no Brasil. Com a limitação de normas é necessário recorrer a normas internacionais, como a ISO e a NFPA, ou a legislações estaduais, municipais e instruções técnicas do Corpo de Bombeiros. Porém após o ocorrido em Santa Maria, na Boate Kiss, em 27 de janeiro de 2013, mudanças significativas em um curto espaço de tempo começaram a acontecer. Modificações e criação de leis e normas tendem a aumentar as exigências, garantindo mais segurança nas construções, preservando vidas.

6.2.1 Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT)

A ABNT, fundada em 1940, é um órgão privado, sem fins lucrativos, responsável pela normalização técnica no Brasil, fornecendo base para o desenvolvimento tecnológico. Segundo a Associação Brasileira de Normas Técnicas (c2014), é considerado o único Foro de Normalização através do Conselho Nacional de Metrologia (CONMETRO) e membro fundador da ISO, da Comissão Panamericana de Normas Técnicas (COPANT) e da Associação Mercosul de Normalização (AMN). A ABNT representa a ISO, a International Eletrotechnical Comission (IEC) e a AMN. A hierarquia da regulamentação brasileira segue, habitualmente, a seguinte ordem: nacional, estadual, municipal. Na ausência de normas nacionais é necessário recorrer a normas internacionais, como as da BSI e da NFPA. Apesar dos avanços dos últimos anos em termos de Segurança Contra Incêndio no Brasil, as normas brasileiras ainda são escassas, especialmente, as normas para gestão de fumaça e as principais são:

a) NBR 14880:2014 (Saídas de emergência em edifícios – escada de segurança – controle de fumaça por pressurização);
b) NBR 11836:1992 (Detectores automáticos de fumaça para proteção contra incêndio).

6.2.2 Leis Estaduais, Decretos e Leis Complementares (RS e Porto Alegre)

As Leis Estaduais, Decretos-lei e Leis Municipais são os instrumentos jurídicos que servem para fixar os requisitos exigíveis em Segurança Contra Incêndio nas edificações, áreas de risco de incêndio e no exercício de atividades, estabelecendo normas, competências, atribuições, fiscalizações e sanções, levando em conta a proteção das pessoas e seus bens. De forma geral, as leis estaduais fixam requisitos gerais de segurança (o que fazer), enquanto as instruções técnicas especificam e detalham as exigências de segurança (como fazer).

Em 25 de agosto de 1998, através de critérios e requisitos exigidos por decretos estaduais, a Prefeitura Municipal de Porto Alegre elaborou e aprovou o Código de Proteção contra Incêndio, Lei Complementar 420/98. Visando complementar a legislação estadual e federal, os códigos municipais estabelecem regras gerais e específicas de proteção contra incêndio que devem ser seguidas durante projeto, construção, uso e manutenção das edificações. Assim, ocorre redução da possibilidade de incêndio nas edificações e estabelecimentos, minimização da propagação do incêndio, redução dos danos materiais causados pelo sinistro e proteção da vida dos ocupantes. Modificações e criação de leis e normas tendem a aumentar as exigências, garantindo mais segurança nas construções, preservando vidas.

Após o incêndio ocorrido em Santa Maria, na Boate Kiss, em 27 de janeiro de 2013, começaram a acontecer mudanças significativas no Estado do Rio Grande do Sul, em um curto espaço de tempo. Especialistas e entidades, segundo o Conselho Regional de Engenharia e Agronomia do Rio Grande do Sul (2013), buscando analisar deficiências sistêmicas e circunstanciais, que levaram ao trágico incêndio da Boate Kiss, desenvolveram um relatório técnico que serviu de base para que, na Assembleia Legislativa, uma comissão construísse uma nova lei de prevenção e proteção no Estado, a lei nº 14.376, de 26 de dezembro de 2013. De acordo com Silva Filho (2014, p. 26):

> A nova lei gera um avanço ao demandar que sejam adotados mecanismos para que se tenha um controle de fumaça em certas situações. Acredito que, com isso, não só vamos reduzir riscos, mas, também, começar a consolidar a visão de que entender e controlar a dinâmica nos primeiros momentos do incêndio é fundamental para preservar a vida dos ocupantes de uma edificação e aumentar as chances de um combate exitoso ao incêndio, antes que o mesmo se propague para uma situação sem controle.

A nova legislação de SCIE do Rio Grande do Sul, em parte, adaptada da legislação de São Paulo, introduziu algumas melhorias significativas relativamente à Lei Complementar n.

420/98 de Porto Alegre, entre as quais, medidas de proteção mais claras e severas, e maior fiscalização.

Em diversos Estados no Brasil, a legislação exige, atualmente, a instalação de determinados sistemas de gestão de fumaça em locais específicos, por exemplo, cortinas contra incêndio à prova de fumaça em locais de reunião de público, escadas enclausuradas à prova de fumaça, dutos para extração de fumaça e controle de fumaça em átrios, entre outros.

6.2.3 Instruções Técnicas (Bombeiros)

Na falta de normas, legislação nacional, estadual ou municipal, as instruções técnicas (IT), resoluções técnicas (RT) ou instruções normativas (IN) do Corpo de Bombeiros especificam requisitos exigíveis na Segurança Contra Incêndio e, em alguns casos, podem especificar determinados parâmetros de projeto e instalação de sistemas. Segundo o Conselho Regional de Engenharia e Agronomia do Rio Grande do Sul (2013), as instruções técnicas emitidas pelo Corpo de Bombeiros de São Paulo, são bastante exigentes em relação à propagação de chama e obstrução ótica pela geração de fumaça. Nas suas especificações as IT de São Paulo têm como referência diversas especificações contidas em regulamentação internacional, como as normas da NFPA e da DIN e vários Decretos-lei de Portugal.

Por serem bastante completas, devido à presença de recursos, em São Paulo, disponibilizados para infraestrutura laboratorial e acadêmica para implantação de programas de certificação e ensaios de materiais e sistemas de incêndios, diversos Estados brasileiros adaptaram as IT de São Paulo, como é o caso do Estado do Paraná. No que diz respeito à gestão de fumaça em edificações, as principais instruções técnicas do Corpo de Bombeiros de São Paulo são as seguintes:

a) Instrução Técnica 15/2011 – Controle de Fumaça – Parte I – Regras Gerais;
b) Instrução Técnica 15/2011 – Controle de Fumaça – Parte II – Conceitos, definições e componentes do sistema;
c) Instrução Técnica 15/2011 – Controle de Fumaça – Parte III – Controle de fumaça natural em indústrias, depósitos e áreas de armazenamento em comércios;
d) Instrução Técnica 15/2011 – Controle de Fumaça – Parte IV – Controle de fumaça natural demais ocupações (exceto comercial, industrial e depósitos);

e) Instrução Técnica 15/2011 – Controle de Fumaça – Parte V – Controle de fumaça mecânico em edificações horizontais, áreas isoladas em um pavimento ou edificações que possuam seus pavimentos isolados;

f) Instrução Técnica 15/2011 – Controle de Fumaça – Parte VI – Controle de fumaça, mecânico ou natural, nas rotas de fuga horizontais e subsolos;

g) Instrução Técnica 15/2011 – Controle de Fumaça – Parte VII – Átrios;

h) Instrução Técnica 15/2011 – Controle de Fumaça – Parte VIII – Aspectos de Segurança.

O Corpo de Bombeiros do Estado do Rio Grande do Sul apresenta a Instrução Normativa nº 001/2014 (RIO GRANDE DO SUL, 2014), que especifica instruções de prevenção e proteção contra incêndio provisórias para aplicação da Lei Complementar n. 14376 de 2013. Nessa instrução são exigidos determinados sistemas de controle de fumaça em locais específicos mas não são disponibilizados parâmetros de projeto e instalação dos sistemas de controle e extração de fumaça.

6.3 COMPARATIVO: NORMAS BRASILEIRAS E INTERNACIONAIS

Analisando as normas existentes, é possível verificar a discrepância entre o Brasil e o exterior quanto à regulamentação para controle e extração de fumaça em edificações. Através do quadro 1, que compara as principais normas da ISO, BSI, NFPA e ABNT, fica clara a escassez de normas brasileiras em relação a outros países. Por exemplo, no Brasil existem, somente, normas regulamentando escadas, elevadores e detectores e alarmes de incêndio.

Quadro 1 – Comparativo entre normas de sistemas de controle e extração de fumaça

	ABNT	ISO	BSI	NFPA
Abertura de portas e janelas: acionamento por fumaça	-	-	BS EN 14600:2005	-
Átrios em edifícios, *shoppings* e grandes espaços	-	-	BS 5588-7:1997	NFPA 92B
Complexos comerciais	-	-	BS 5588-10:1991	NFPA 96 (cozinhas)
Componentes para sistemas de controle e extração de fumaça: planejamento, projeto, instalação, comissionamento e manutenção	-	-	BS 7346-8:2013	-
Controle de fumaça: Diferenciais de pressão	-	-	BS 7346-6:2005	NFPA 92A
			BS 5588-4:1998	-

Cortinas de Fumaça	-	-	BS 7346-3:1990 BS 8524-1:2013 BS 8524-2:2013 BS EN 12101-1:2005+A1:2006	-
Detecção e alarme de incêndio	NBR 11836:1992	-	BS 5839-1:1998 BS 5839-3:1998 BS 5839-6:2004 BS EN 14604:2005	-
		BS ISO/TR 13387-7:1999		-
Geração de fumaça e liberação de calor (Densidade óptica: materiais plásticos)	-	BS ISO 5659-2:1994		NFPA 258 NFPA 270 NFPA 271 NFPA 272
Dumpers	-	-	BS EN 12101-8:2011 BS EN 1366-10:2011	-
Dutos de Fumaça	-	-	BS EN 12101-7:2011	-
Emissão de fumaça e gases corrosivos de cabos elétricos	-	-	BS 4553-3:1998 BS 5588-4:1998	-
Escadas e elevadores	NBR 14880:2014	-	BS 5588-5:1991	-
Fontes de alimentação	-	-	BS EN 12101-10:2005	-
Glossário de termos associados ao controle de fumaça	-	ISO 8421-5	BS 4422-5:1989	-
Locais de reunião	-	-	BS 5588-6:1991	-
Porta-controle de fumaça e obturador (testes)	-	BS ISO 5925-1		NFPA 105
Resistência ao fogo: cabos de energia para sistemas de controle de fumaça	-	-	BS 8491:2008 BS 8519:2010	NFPA 262
Sistemas de controle de fumaça e calor: código de boas práticas	-	-	BS 7346-4:2003 BS 7346-5:2005 BS 7346-6:2005	NFPA 92
Sistemas de controle de Fumaça e calor: parques e estacionamentos cobertos	-	-	BS 7346-7:2013	-

<table>
<tr><td rowspan="2">Ventilação Mecânica</td><td rowspan="2">-</td><td rowspan="1">-</td><td>BS 7346-2:1990
BS EN 12101-3:2002</td><td rowspan="4">NFPA 204</td></tr>
<tr><td colspan="2">BS ISO 21927-3:2006+A1:2010</td></tr>
<tr><td rowspan="2">Ventilação Natural</td><td rowspan="2">-</td><td rowspan="1">-</td><td>BS 5925:1991
BS 7346-1:1990
BS EN 12101-2:2003</td></tr>
<tr><td colspan="2">BS ISO 21927-2:2006+A1:2010</td></tr>
</table>

(fonte: elaborado pela autora, 2014)

6.4 COMPARATIVO ENTRE INSTRUÇÕES TÉCNICAS NO BRASIL

Existe, também, uma diferença significativa entre os Estados brasileiros quanto a Instruções Técnicas para gestão de fumaça em edificações. Em diversos Estados brasileiros não existe regulamentação específica para sistemas de gestão de fumaça. Por outro lado, as especificações contidas nas Instruções Técnicas do Corpo de Bombeiros de São Paulo, por serem bastante completas, foram adaptadas em vários Estados, como mostra o Quadro 2.

Quadro 2 – Comparativo entre Instruções Técnicas dos Estados

Especificações	SP	RJ	DF	MG	SC	PR	RS
Controle Natural	IT 15-04/05/06					Idêntico a SP	
Controle Mecânico	IT 15-03/06					Idêntico a SP	
Controle de fumaça	IT 15-01					Idêntico a SP	IN 001 (remete para IT 15 de SP)
Cortinas de fumaça							
Detectores de fumaça	IT 09 (remete para NBR 17240) IT 19 (remete para NBR 11863)			IT 14 (remete para NBR 11863)	IN 12	Idêntico a SP	
Pressurização de escada de segurança	IT 13			IT 10		Idêntico a SP	
Átrios	IT 07					Idêntico a SP	

(fonte: elaborado pela autora, 2014)

7 CONSIDERAÇÕES SOBRE SISTEMAS DE CONTROLE DE FUMAÇA

O controle é a extração da fumaça e a introdução de ar limpo por diferentes sistemas. Esta é somente uma parte de um sistema integrado para que se atinja eficiência e resultados satisfatórios. Detectores de fumaça e calor, sistemas de insuflação de ar, sprinklers, sistemas de supressão e cortinas de contenção de fumaça devem trabalhar conjuntamente para que o sistema de controle funcione corretamente. Cunha e Martinelli Júnior (2008, p. 259) citam alguns dos seus benefícios:

> a) ventilação prévia, reduzindo assim a temperatura interna, protegendo estragos e colapso estrutural;
>
> b) bom meio de escape, com visibilidade de rota de fuga;
>
> c) manter a atmosfera limpa;
>
> d) limitar a temperatura, impedindo ignição espontânea;
>
> e) prevenir o estrago desnecessário por fumaça e água;
>
> f) reduzir o tempo de limpeza;
>
> g) proporcionar uma visão clara do fogo;
>
> h) ajudar a extinguir o fogo no seu início;
>
> i) reduzir os custos do incêndio.

Segundo Cunha e Martinelli Júnior (2008), o sistema de controle de fumaça deve ser adotado quando o tempo de evacuação é maior que o tempo de propagação de fumaça. Deve-se considerar o número de pessoas que o ambiente comporta, o tempo de desocupação do local e o tempo que a fumaça leva para preencher o ambiente. A fumaça deve ser compartimentada pelo tempo necessário de evacuação das pessoas. Edifícios com grandes vãos, onde não é possível compartimentar os ambientes, também devem possuir sistemas de extração e controle de fumaça.

A NPT15 (CORPO DE BOMBEIROS DA POLÍCIA MILITAR DO ESTADO DO PARANÁ, 2012a, p. 2) afirma que as edificações devem possuir meios de controlar a fumaça (e gases), para que seja possível sua extração mecânica ou natural, controlando a ventilação (entrada de ar) e prevenindo que estes, migrem para ambientes não sinistrados. De acordo

com a NFPA 92 (NATIONAL FIRE PROTECTION ASSOCIATION, 2012, p. 4, tradução nossa), é necessário impedir a entrada da fumaça em escadas, poços de elevadores ou áreas afins, destinadas à saída dos ocupantes da edificação. Manter o ambiente sinistrado em condições, pelo menos durante tempo mínimo de evacuação, que permitam as pessoas saírem em segurança. É importante, também, inibir a fumaça de migrar para outros ambientes, enfim, estabelecer condições dentro e fora do ambiente que permitam que as equipes de emergência realizem seu trabalho contribuindo para a proteção à vida e redução da perda de propriedade.

A fumaça é o maior responsável pelas mortes em incêndios e devido a isso, o controle de fumaça em uma edificação é necessário e indispensável para a segurança do usuário. O alastramento da fumaça no interior da edificação é estudado para que se possa determinar o tempo máximo de evacuação dos ocupantes. Rapidamente, os gases quentes e a fumaça se espalham no ambiente, acumulando-se junto ao teto, e criando uma camada escura e espessa, em direção descendente. O tempo de evacuação dos ocupantes deve ser menor que o tempo que a camada de fumaça leva para atingir a altura de um homem em pé – situação que dificulta a respiração e visão do usuário da edificação. A falta de visibilidade dificulta também o acesso do Corpo de Bombeiros para combater o fogo e salvar vítimas (SILVA, 2010, p. 23).

As edificações devem possuir controle de fumaça para que mantenham os seus ambientes mais seguros durante o período de evacuação – evitando possíveis intoxicações e falta de visibilidade pelos gases e fumaça. Também, através dos elementos construtivos e extração simultânea, por meios naturais e/ou mecânicos, controlar e reduzir a propagação desses gases e fumaça para outros ambientes e/ou pavimentos. E, prever condições seguras, dentro e fora do ambiente, para o acesso e auxílio de busca e resgate de pessoas durante o incêndio (BRENTANO, 2007, p. 284).

Segundo o mesmo autor,

> O termo controle de fumaça de incêndio é usado para designar o sistema usado para confinar a fumaça e os gases quentes sob determinadas condições nas paredes superiores dos ambientes por meio de barreiras, como vigas, painéis ou cortinas, e forçar a sua circulação por caminhos predeterminados, como dutos ou ***shafts***, por meios naturais ou mecânicos, para o lado exterior da edificação por aberturas de extração específicas.

Existem fatores importantes que condicionam o projeto de sistemas de controle de fumaça, protegendo as rotas de evacuação da edificação, áreas de refúgio, permitindo o acesso do Corpo de Bombeiros e a fuga dos ocupantes, minimizando as perdas no sinistro. Os condicionantes que devem ser analisados são (CHOW; LI, 2005, p. 66, tradução nossa):

> a) altura, área da seção transversal e mapa da área do volume a ser protegido;
>
> b) tipo e localização dos ocupantes, dentro da edificação;
>
> c) barreiras que compartimentam os espaços;
>
> d) rotas de fuga;
>
> e) zonas de refúgio;
>
> f) projeto do fogo usado para calcular a produção de fumaça.

Para Chow e Li (2005, tradução nossa), alguns aspectos devem ser controlados para que haja tempo suficiente de evacuação dos ocupantes para fora da edificação ou para chegar às áreas de refúgio:

> a) manter a interface da camada de fumaça em uma elevação pré-determinada;
>
> b) contribuir para que o pessoal do departamento de fogo, Corpo de Bombeiros, entre no ambiente, localize e apague o incêndio;
>
> c) limitar o aumento da camada de fumaça e, consequentemente, limitação da temperatura, concentração de gases tóxicos e visibilidade;
>
> d) limitar a propagação de fumaça entre os espaços utilizados para rota de fuga.

Baseados na extração por ventilação (natural ou mecânica) e hierarquia de pressões, os métodos de controle de fumaça utilizados separadamente ou em conjunto evitam o alastramento da fumaça no ambiente escoando-a para o exterior da edificação. Segundo Fernandes (2008), a extração por ventilação é a retirada da fumaça para o exterior da edificação, pela parte superior do compartimento, utilizando ar fresco, que introduzido pela parte inferior do local sinistrado, cria uma corrente de ar que conduz a camada de fumaça para a direção desejada. A extração de fumaça pode ser por ventilação passiva (natural) ou forçada (mecânica). Por outro lado, a hierarquia de pressões é utilizada quando a entrada de ar fresco e a extração da fumaça são realizadas em ambientes diferentes. A pressão, relativamente, mais baixa no compartimento onde é feita a extração do que no compartimento onde há entrada de ar, gera um diferencial de pressão contrário ao escoamento de fumaça através de uma abertura

de comunicação entre os ambientes. Através de insufladores de ar e exaustores é possível criar diferenças de pressão mecanicamente.

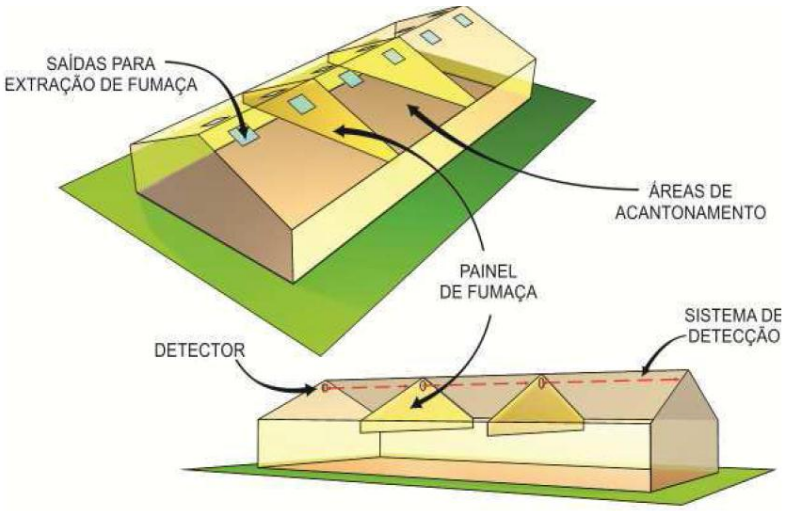
Os métodos de controle de fumaça podem ser utilizados de forma combinada e para que se obtenha eficiência deve se estabelecer algumas condições, de acordo com a NPT15 (CORPO DE BOMBEIROS DA POLÍCIA MILITAR DO ESTADO DO PARANÁ, 2002b, p. 3-4):

a) divisão dos volumes de fumaça a extrair por meio de compartimentação de área ou pela previsão de área de acantonamento (figura 14);

b) extração inadequada da fumaça, não permitindo a criação de zonas mortas – onde a fumaça possa vir a ficar acumulada – após o sistema entrar em funcionamento (figura 15);

c) permitir um diferencial de pressão, por meio do controle das aberturas de fumaça da zona sinistrada, e fechamento das aberturas de extração de fumaça das demais áreas adjacentes à zona sinistrada, conduzindo a fumaça para as saídas externas ao edifício (figura 16).

Figura 14 – Fumaça a extrair por compartimentação de área

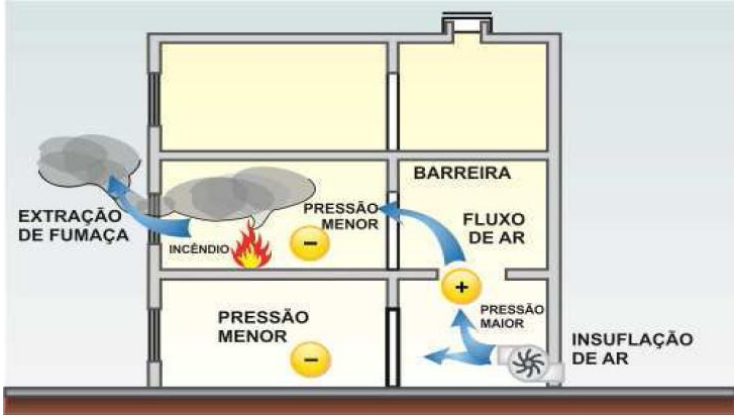


(fonte: CORPO DE BOMBEIROS DA POLÍCIA MILITAR DO ESTADO DO PARANÁ, 2012b)

Figura 15 – Extração inadequada de fumaça

(fonte: CORPO DE BOMBEIROS DA POLÍCIA MILITAR DO ESTADO DO PARANÁ, 2012b)

Figura 16 – Extração com diferencial de pressões



(fonte: CORPO DE BOMBEIROS DA POLÍCIA MILITAR DO ESTADO DO PARANÁ, 2012b)

O conhecimento do tamanho do fogo – dimensão base do maior incêndio, do qual um sistema de exaustão de fumaça deve aguentar – também é importante para definir o projeto do sistema de controle de fumaça. Para isso, é necessário determinar disponibilidade e disposição de combustível, funcionamento de sprinkler, os meios de combate a incêndio e se o fogo é de combustão livre ou em compartimento. De forma genérica, o sistema de controle deve ser previsto isoladamente ou de forma conjunta para espaços amplos (grandes ambientes), átrios, *malls* (lojas), corredores, rotas de fuga horizontais, escadas e subsolos (CORPO DE BOMBEIROS DA POLÍCIA MILITAR DO ESTADO DO PARANÁ, 2012b, p. 4-5).

Para Cunha e Martinelli Júnior (2008, p. 270-271), além do tamanho de incêndio, outros fatores influenciam no projeto do sistema de controle, tais como:

a) estado controlado (baseado no maior tamanho de incêndio antecipado dentro da edificação) ou descontrolado (baseado em um incêndio que varia o tamanho durante um período de tempo, dependendo do conteúdo presente na edificação);

b) jato de fumaça sob o teto: camada circulante horizontalmente de gases aquecidos, conduzida em parte pela energia cinética sob forma de pluma. Geralmente, possui espessura de um décimo da altura da edificação;

c) saída de calor de incêndio;

d) camada visível necessária: permite a evacuação e entrada dos bombeiros;

e) zonas de fumaça: se a edificação for muito grande, deve-se haver divisão de zonas separadas, utilizando barreiras de fumaça;

f) entrada e reposição de ar;

g) espessura da camada de fumaça: não deve ser projetada para que seja menor que um décimo da altura entre o piso e o teto – em função do efeito *Ceiling Jet*;

h) temperatura ambiente: deve ser conservada em torno de 15ºC;

i) *plugholing*: caso a camada de fumaça for pouco profunda para o tamanho do exaustor utilizado, a eficiência dos exaustores pode ser reduzida, pois, ao invés de fumaça, ar vai ser retirado através da parte central do exaustor.

7.1 SISTEMAS DE CONTROLE DE FUMAÇA

A extração da fumaça deve ser realizada o mais próximo possível do local sinistrado, reduzindo sua diluição e limitando os ocupantes a sua exposição. Para Fernandes (2008), os sistemas de controle de fumaça tem uma contribuição importante no salvamento de pessoas, porém, devem entrar em funcionamento a tempo para que consigam limitar o movimento dos gases quentes, se tornando ineficientes quando iniciadas tardiamente.

7.1.1 Pressurização

O sistema de pressurização, por hierarquia de pressões, funciona mediante a criação de diferença de pressões que impedem o escoamento da fumaça para as rotas de fuga da edificação, como em escadas, segundo Fernandes (2008). Durante o sinistro, as forças induzidas pelo fogo, geram diferenças de pressão através das portas que permitem o

escoamento de fumaça por suas aberturas. É possível controlar o movimento da fumaça, impedindo sua propagação na edificação provocando alterações nas diferenças de pressão.

De acordo com Fernandes (2008), para o controle de fumaça são necessários dois princípios básicos: fluxo de ar e diferença de pressão. O fluxo de ar pode controlar o movimento da fumaça caso a velocidade do ar seja suficiente para isso. E, a diferença de pressão entre o ambiente onde há fumaça e o local a ser protegido da mesma. Quando existem grandes aberturas, portas abertas, a velocidade do ar é necessária para o projeto de sistemas de controle de extração de fumaça. Porém, quando se possui pequenas aberturas, portas fechadas, a determinação da velocidade torna-se difícil e a diferença de pressão torna-se mais apropriada a ser considerada.

A introdução de ar no ambiente, em que está ocorrendo incêndio, através de equipamentos que o injetam por insufladores garantem que ocorra uma sobrepressão. Técnicas de controle de fumaça natural são pouco eficientes em escadas de edifícios altos, o que justifica a importância da utilização desse tipo de sistema nesse tipo de edificações. Segundo Brentano (2007, p. 324), o sistema de sobrepressão poderá ser utilizado:

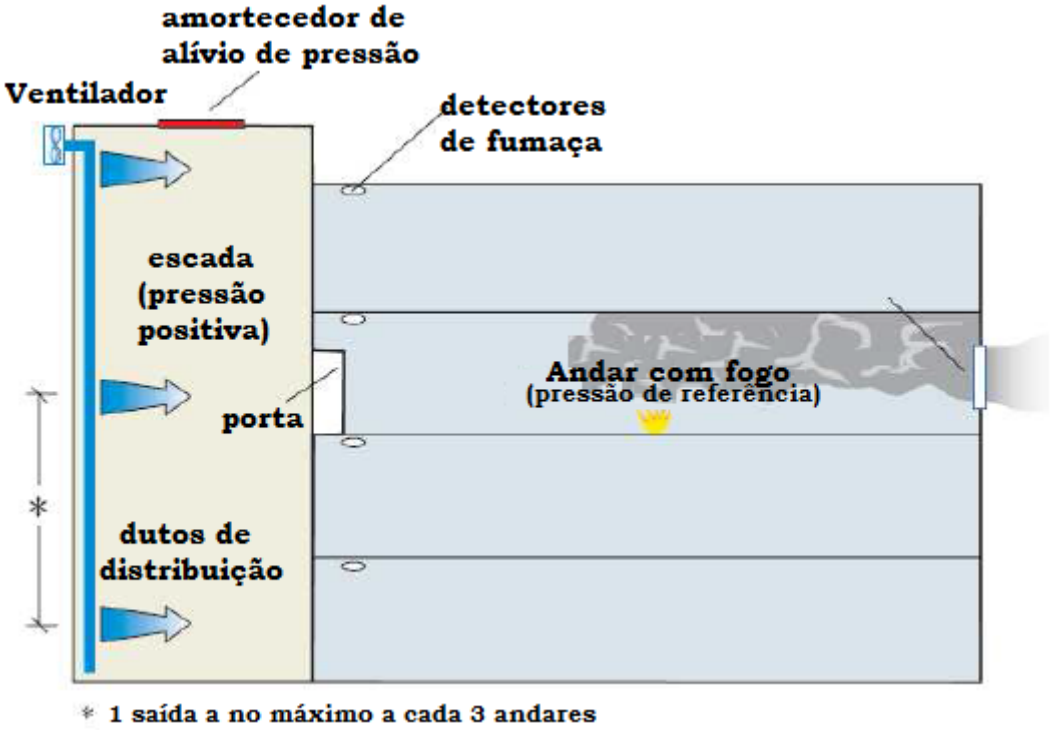
> [...] Somente quando as rotas horizontais de saída forem enclausuradas e os materiais de revestimento, de acabamento e termo-acústicos atenderem às exigências de velocidade de propagação de chamas e emissão de fumaça [...].
>
> A diferença de pressão entre as circulações horizontais e os ambientes sob a ação do fogo deve ser da ordem de 20 Pa ou 0,2 mca. Quando houver antecâmara pressurizada, essa diferença de pressão deve ser criada por ela.

Em escadas de emergência, caminhos de maior possibilidade de propagação de fogo, gases e fumaça, há exigências, por normas, que as rotas de saída, sejam enclausuradas com paredes corta-fogo. Porém, a propagação de gases e fumaça exige um cuidado especial, tendo em vista que, espaços livres e aberturas, por menor que sejam, são suficientes para a sua passagem. Para Brentano (2007), os subsolos, quando não destinados a estacionamento, necessitam sistemas de controle com introdução de ar (abertura junto ao piso), seja natural ou mecânica e extração mecânica de fumaça (abertura no teto). A resistência ao fogo dos dutos para entrada de ar deve ser de 15 minutos, quando em rotas de saída, e de 60 minutos, quando utilizados para aumento de área de compartimentação.

As escadas pressurizadas, segundo Fernandes (2008) tem como objetivo manter o caminho da evacuação livre de fumaça, permitindo que os ocupantes fujam da edificação em caso de

sinistro. Outro objetivo é a garantia de uma zona livre de fumaça para que o Corpo de Bombeiros combata o incêndio. É necessário que a escada receba ar continuamente, possibilitando a manutenção de um diferencial de pressões entre o espaço e seus adjacentes. Assim, forma-se um fluxo de ar, que através de uma ou mais trajetórias, conduzem a fumaça para o exterior da edificação. Na ocorrência de incêndio, portas de acesso à escada podem estar abertas para a evacuação de pessoas, sendo ideal que nestes casos, haja um fluxo de ar suficiente para que não entre fumaça na escada (figura 17).

Figura 17 – Controle de fumaça em escadas pressurizadas



(fonte: adaptada de FERNANDES, 2008)

A pressurização nas escadas pode ser por sistemas de insuflação simples ou múltipla de ar. De acordo com Fernandes (2008), na insuflação simples de ar, a pressurização é realizada por introdução de ar somente num local, geralmente, na parte inferior das escadas, podendo também estar na parte superior. Caso portas localizadas próximas da insuflação de ar estejam abertas o sistema falhará, pois, o ar pressurizado pode escapar por elas. A insuflação múltipla de ar é aplicada em escadas que apresentem alturas consideráveis podendo o ar ser insuflado em diversos locais, ao longo de toda a altura da escada. O sistema de pressurização pode ser projetado para operar somente em situações de emergências, ou funcionar continuamente em

um nível de pressurização baixo, que renova o ar no volume da escada, e elevar o nível de pressurização caso ocorra sinistro de incêndio.

O sistema de pressurização em escadas tem como elementos básicos, sistemas de acionamento e alarme, como detectores de fumaça, introdução de ar mecânica e saída de ar (ou de fumaça). De acordo com Fernandes (2008) é vantajoso a colocação de um exaustor de emergência (de 1 m² de área útil) no topo da insuflação de ar, quando na parte inferior da escada, colaborando para extrair a fumaça do local quando a mesma invadir o ambiente de evacuação. A saída de gases e fumaça pela parte superior é facilitada com um exaustor de comando manual (de responsabilidade da segurança e bombeiros).

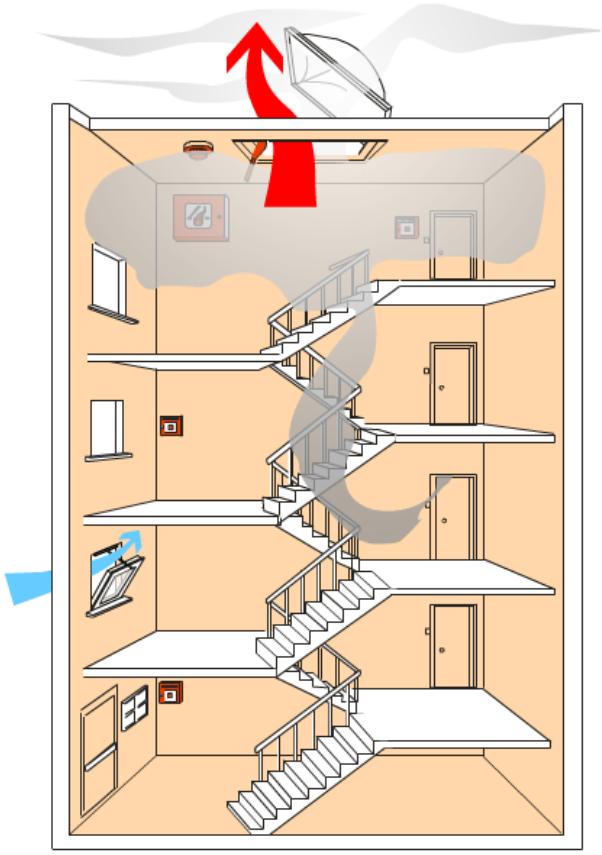
7.1.2 Ventilação Natural

O sistema de ventilação natural é, segundo Fernandes (2008), a solução mais econômica dentre os sistemas existentes, com entrada de ar fresco e saída de fumaça de forma passiva. Devido a isso é bastante utilizada em edifícios amplos (e sem andares sobrepostos) por ser um sistema barato e eficaz. Brentano (2007) afirma que, sob a ação do fogo, esse sistema funciona com a circulação ascendente de gases e ar aquecidos, que, por convecção natural conduzem a fumaça para caminhos previamente projetados.

De acordo com Fernandes (2008), as diferenças de temperatura entre o ambiente interno e externo provocam o efeito chaminé. O ar, no ambiente sinistrado, que se encontra mais quente apresenta-se menos denso que o ar no exterior, provocando um movimento ascendente, devido a forças de flutuação, do ar dentro da edificação. Este efeito é proporcional à diferença das temperaturas entre os dois ambientes, ou seja, quão maior for a diferença de temperatura, mais acentuado será o efeito de convecção.

A circulação ascendente do ar aquecido, gases e fumaça, por convecção natural, por caminhos previamente projetados, entre aberturas de entrada de ar (na parte inferior da edificação) e as de saída de fumaça (na parte superior, como tetos telhados ou fachadas) é um sistema de controle natural de extração de fumaça. A introdução de ar limpo externo pode ser manual (figura 18), porém a extração é por meio natural. Baseada na movimentação do ar por forças naturais, existem condições estruturais importantes que direcionam a fumaça para aberturas de extração, tanto horizontais como verticais (BRENTANO, 2007, p. 295).

Figura 18 – Extração natural de fumaça com entrada natural de ar – escada



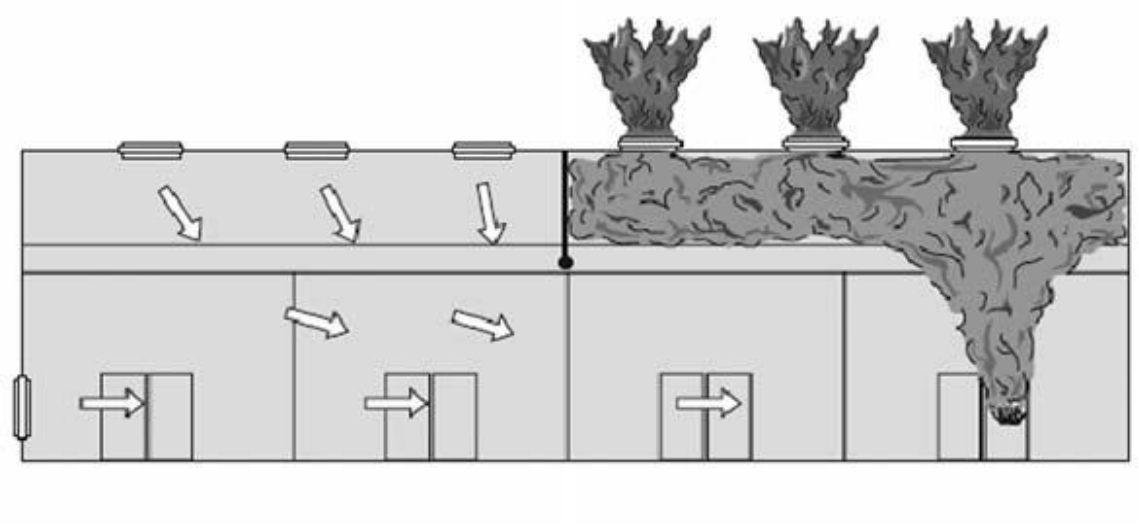
(fonte: ENGETEL AUTOMAÇÃO E SEGURANÇA, c2014)

Segundo a IT15 (CORPO DE BOMBEIROS DA POLÍCIA MILITAR DO ESTADO DE SÃO PAULO, 2011b, p. 4-5), os exaustores naturais podem ser aberturas ou vãos de extração, janelas e venezianas, grelhas ligadas a dutos, claraboias ou alçapões de extração, poços ingleses, dutos e peças especiais e registros corta-fogo e fumaça. Exaustores naturais e aberturas exteriores, desse sistema de extração natural de fumaça, devem ser instalados seguindo distâncias mínimas, como a distância horizontal a qualquer obstáculo, que esteja mais elevado, não seja inferior à diferença de altura – sendo o máximo de 8 m. A distância horizontal destes com a divisa do terreno e propriedade vizinha deve ser no mínimo de 4 m. Caso não seja possível este distanciamento, é necessário evitar a propagação de incêndio utilizando um anteparo – alpendre.

As aberturas para entrada de ar na edificação, de acordo com a IT15 (CORPO DE BOMBEIROS DA POLÍCIA MILITAR DO ESTADO DE SÃO PAULO, 2011b, p. 2), podem estar posicionadas na fachada ou ligadas a dutos de captação de ar externo, podem ser portas que deem para o exterior e/ou escadas abertas ou ao ar livre. Estas aberturas devem estar

localizadas em zonas resguardadas da fumaça produzida no local de incêndio. Caso a edificação não possua a possibilidade de entrada de ar conforme citado acima, pode-se prever entrada de ar no acantonamento de áreas adjacentes a incendiada (figura 19). Segundo o Decreto de Lei nº 1532 (PORTUGAL, 2008b, p. 37), vãos da fachada que abrem em ângulo superior a 60º podem ser consideradas eficientes para controle de fumaça, estando situadas no terço superior do espaço quando destinadas a evacuação da mesma.

Figura 19 – Entrada de ar no acantonamento de áreas adjacentes



(fonte: CUNHA; MARTINELLI JÚNIOR, 2008, p. 290)

Conforme a mesma portaria, a extração natural de fumaça não é permitida em locais amplos cobertos, inclusive pátios, localizados no interior de edificações e quando possuírem átrios com altura superior a 12 m. Em vias verticais enclausuradas de evacuação, de edificações com altura superior a 28 m, o controle de fumaça deve ser via sistemas de sobrepressão, os quais devem ser duplicados por sistemas de controle de fumaça natural de emergência com manobra reservada aos bombeiros. Já o controle de fumaça em rotas de fuga horizontais, enclausuradas, de edificações com altura superior a 28 m deve ser realizado por sistemas mecânicos de arranque automático. A entrada de ar pode ser pela câmara corta-fogo ou pelo exterior da edificação.

7.1.2.1 Dispositivos de entrada de ar

Entradas de ar fresco podem ser localizadas na parte inferior de paredes exteriores próximas aos pavimentos ou através de condutos que captem o ar no exterior. Portas ou janelas situadas em locais bastante arejados podem ser dispositivos de entrada de ar mesmo que em paredes

interiores. Segundo Fernandes (2008), é necessário cautela para que não seja introduzida fumaça ao invés de ar, dependendo da localização da abertura, em zona resguardada de fumaça, orientação e velocidade do vento atmosférico, que pode ter efeito contrário ao desejado. Alguns dispositivos utilizados para admissão de ar na edificação são demonstrados nas figuras 20 e 21.

Figura 20 – Grelha metálica para admissão de ar

(fonte: TROPICALRIO, c2014a)

Figura 21 – Veneziana para admissão de ar

(fonte: TROPICALRIO, c2014b)

7.1.2.2 Dispositivos de saída de fumaça

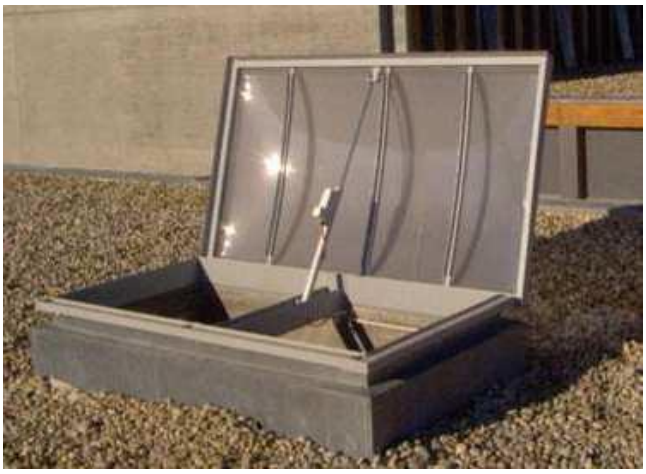
As aberturas para extração de fumaça são localizadas na parte superior da edificação, na zona enfumaçada. Na ventilação natural, a extração ocorre naturalmente utilizando exaustores no topo da cobertura que abre quando ocorre um sinistro de incêndio, ou por aberturas nas

paredes externas no nível da zona de fumaça, ou, ainda, por condutos que canalizam a fumaça nos diversos pisos da edificação conduzindo para o exterior por uma mesma saída. Segundo Fernandes (2008), a área das aberturas de saída depende da utilização do espaço, devido aos materiais existentes no local que definirão a quantidade de fumaça liberada durante o incêndio. As figuras 22 e 23 mostram alguns dispositivos de extração de fumaça.

Figura 22 – Veneziana para saída de fumaça

(fonte: COLT, c2014b)

Figura 23 – Claraboia ou alçapão de saída de fumaça

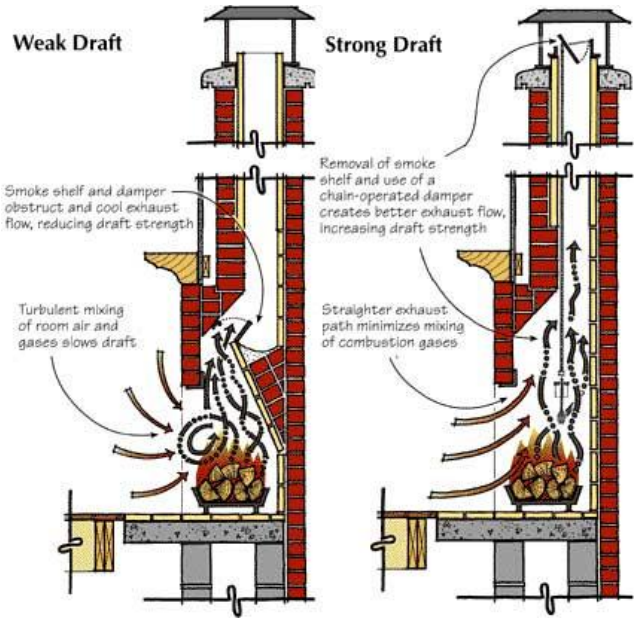


(fonte: FERNANDES, 2008)

Aberturas de entrada de ar e de saída de fumaça dos tipos grelha e veneziana, localizadas no interior da edificação devem permanecer fechadas por obturadores, exceto nas instalações de ventilação e tratamento de ar que participem do sistema de controle de fumaça. Também devem permanecer fechadas caso sirvam a dutos exclusivos a um piso e, onde houver

dispositivos de fechamento, tipo *dumpers* (figura 24), para o sistema de dutos do acantonamento que isolem os dutos das demais partes do sistema de controle de fumaça (CORPO DE BOMBEIROS MILITAR DO PARANÁ, 2012b, p. 7).

Figura 24 – Registro Corta-fogo e fumaça (*dumper*)



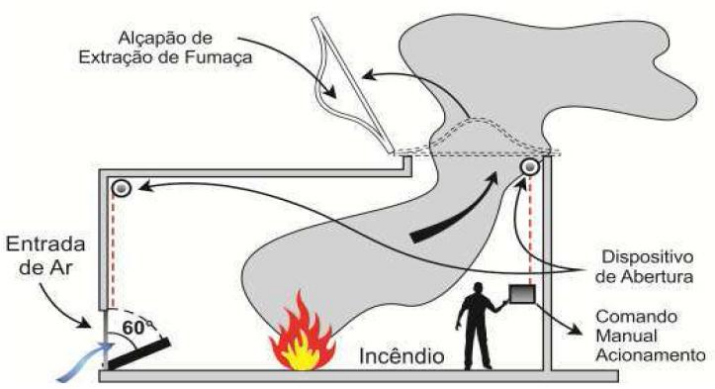
(fonte: NICHOLAS SCHIMNEY, 2010)

Esses dispositivos devem ser estudados particularmente para evitar a propagação de fumaça para áreas não sinistradas da edificação, tendo em vista que esses elementos normalmente encontram-se abertos para ventilação e tratamento de ar do ambiente. De acordo com Brentano (2007, p. 289):

> As grelhas de extração de fumaça tem perfis móveis que podem ser abertos com a pressão do ar ou acionadas por botoeiras manuais ou detectores automáticos de fogo. Já as venezianas têm os perfis fixos, com aberturas permanentes.

Para o mesmo autor, as grelhas e venezianas devem ser de material incombustível e possuir resistência ao fogo igual a dos dutos utilizados na condução de ar. Quando instaladas em fachadas, os dispositivos de obturação devem permitir abertura superior a 60º, sendo que a saída deve ser para a parte superior. Caso necessário, podem possuir dispositivos corta-fogo, como *dumpers* (registros corta-fogo), como mostra a figura 25.

Figura 25 – Extração de fumaça e entrada de ar utilizando *dumper*

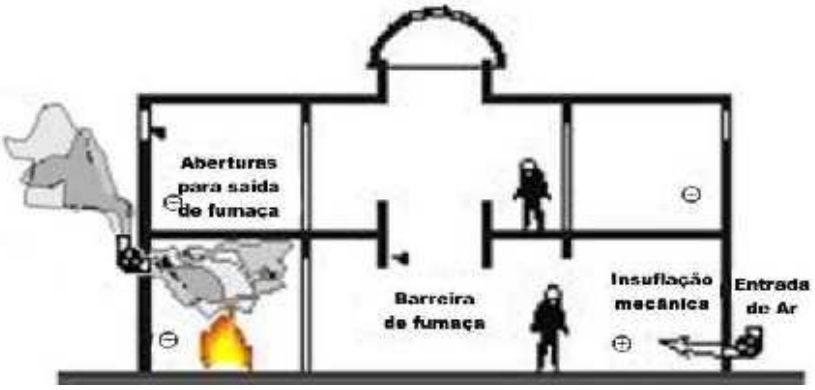


(fonte: CORPO DE BOMBEIROS MILITAR DO PARANÁ, 2012b)

7.1.3 Ventilação Mecânica

Esse sistema de ventilação pode ser totalmente mecânico ou misto (extração natural e entrada forçada ou o contrário). De acordo com Fernandes (2008), quando o sistema é puramente mecânico, a admissão de ar é realizada por insufladores e a extração de fumaça por exaustores, utilizados em edifícios de alturas elevadas. Os sistemas mistos com entrada de ar natural e extração eletromecânica de fumaça ou com entrada de ar por insufladores e exaustão de fumaça natural (figura 26), são utilizados, respectivamente, para edificações amplas (armazéns, edifícios altos cujos pisos não possuam acesso direto à cobertura) e em escadas ou nos corredores dos caminhos de fuga. Cabe ressaltar que sistemas mistos são menos eficazes do que sistemas unicamente mecânicos ou naturais, mas podem ser úteis em situações particulares.

Figura 26 – Extração natural de fumaça com entrada mecânica de ar

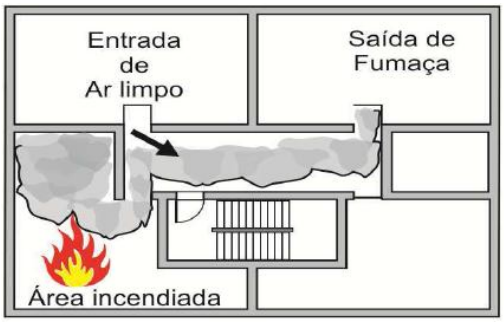


(fonte: CORPO DE BOMBEIROS DA POLÍCIA MILITAR DO ESTADO DO PARANÁ, 2012c, p. 7-9)

A extração mecânica de fumaça (figura 27 e 28) na edificação é realizada por exaustores instalados diretamente nas paredes, telhados ou tetos dos ambientes ou por dispositivos ligados a exaustores por meio de dutos e pela introdução de ar – mecânica ou naturalmente. Deve-se equilibrar a disposição dos equipamentos para que a fumaça consiga ser controlada protegendo o ambiente (BRENTANO, 2008, p. 313).

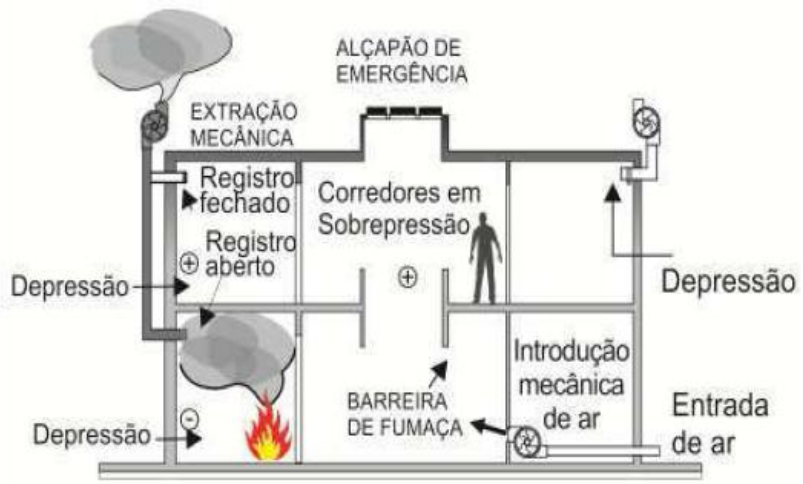
Segundo o mesmo autor, a instalação do sistema pode ser exclusiva para extração de fumaça, com dupla função (de ventilação e ar condicionado com o de extração) e/ou conjugado de ventilação e ar condicionado complementado com um sistema de controle auxiliar de fumaça.

Figura 27 – Extração mecânica de fumaça



(fonte: CORPO DE BOMBEIROS DA POLÍCIA MILITAR DO ESTADO DO PARANÁ, 2012d, p. 2)

Figura 28 – Controle por sobrepressão



(fonte: CORPO DE BOMBEIROS DA POLÍCIA MILITAR DO ESTADO DO PARANÁ, 2012d, p. 2)

De acordo com a NPT15 (CORPO DE BOMBEIROS DA POLÍCIA MILITAR DO ESTADO DO PARANÁ, 2012d, p. 2), a exaustão mecânica deve ser dimensionada para atender, no mínimo, 10 trocas do volume de ar por hora, podendo ser realizada por sistema de dutos de ar. A exaustão deve ser acionada automaticamente por sistemas de detecção de fumaça.

O controle de fumaça deve ser mecânico em cozinhas, ligadas a salas de refeições, sendo necessária a instalação de painéis de acantonamento entre os ambientes. Em subsolos (mais de um piso abaixo do andar térreo), sempre deve ser realizado controle mecânico de extração de fumaça, preferencialmente por hierarquia de pressões. Recomenda-se que as escadas que servem o subsolo devam ser pressurizadas, desde que a saída do mesmo não seja diretamente no exterior. Também deve ser exigida a utilização do sistema mecânico em construções provisórias – desde que o tempo de implantação no local seja superior a seis meses (PORTUGAL, 2008, p. 37).

Para controle eficiente de gases e fumaça, durante episódio de incêndio em uma edificação, devem ser estabelecidas condições que permitam divisão de volume da fumaça a ser extraída por meio da compartimentação da área, ou por divisão em áreas de acantonamento. Deve-se evitar criação de zonas mortas de fumaça, onde ela possa se acumular após o sistema entrar em funcionamento. E, é necessário, em condições de fogo, que aberturas de extração de fumaça – seja mecânica ou naturalmente – possam ser controladas, bem como o fechamento das aberturas de áreas adjacentes criando diferenciais de pressão conduzindo assim, a fumaça para o exterior da edificação (BRENTANO, 2007, p. 296).

Na extração natural da fumaça a relação de largura pela altura não deve ultrapassar a 2 e, na extração mecânica, devem ser atendidas as condições da tabela 4.

Tabela 4 – Condições de largura x altura: extração mecânica

Máxima corrente volumétrica por ponto de sucção ou ventilador individual	
CORRENTE VOLUMÉTRICA POR PONTO DE SUCÇÃO	
Espessura da camada de fumaça no ponto de sucção ou corte de um ventilador individual ou grelha de exaustão	Corrente volumétrica por ponto de sucção ou ventilador individual
M	m^3/s
≥ 0,5 *	≤ 0,2
≥ 1,0	≤ 1,2
≥ 1,5	≤ 3,5
≥ 2,0	≤ 7,0
≥ 2,5	≤ 12,0

(*) Aplicável também para camadas de fumaça de altura < 0,5 m, desde que os pontos de sucção estejam posicionados para cima.

(fonte: BRENTANO, 2007, p. 289)

7.1.3.1 Dispositivos de entrada de ar

Os dispositivos de entrada de ar, segundo a NPT15 (CORPO DE BOMBEIROS MILITAR DO PARANÁ, 2012b), podem ser aberturas ou vãos de entrada, portas, vãos das escadas abertas, aberturas de ar por insuflação mecânica por meio de grelhas e escadas pressurizadas. A figura 29 apresenta o insuflador de ar, que é um dispositivo mecânico de entrada de ar.

Figura 29 – Insuflador de ar

(fonte: TECNOVENT, ca.2014)

7.1.3.2 Dispositivos de saída de fumaça

Para a extração de fumaça, segundo a NPT15 (CORPO DE BOMBEIROS MILITAR DO PARANÁ, 2012b), os elementos utilizados podem ser grelhas ligadas a dutos, registros corta-fogo e fumaça, ventiladores de extração, dutos e peças especiais e mecanismos elétricos, pneumáticos e mecânicos de acionamento dos dispositivos de extração. A figuras 30 apresenta um ventilador com exaustor para a extração da fumaça.

Figura 30 – Ventilador exaustor de fumaça

(fonte: COLT , c2014d)

7.2 COMPARTIMENTAÇÃO

A compartimentação tem como objetivo impedir a propagação do fogo entre os ambientes e pavimentos adjacentes. É aplicada vertical ou horizontalmente, limitando assim, o crescimento do incêndio no interior da edificação. Segundo Ono et al. (2008), componentes e sistemas construtivos fixos, como paredes de alvenaria, lajes de concreto, portas e janelas, são elementos que compartimentam os ambientes de uma edificação. Para salões, átrios, pavilhões de exposição e outros grandes ambientes, de vãos horizontais ou verticais, é possível realizar a compartimentação utilizando elementos móveis resistentes ao fogo que se fecham com acionamento manual ou automático.

7.2.1 Compartimentação Vertical

A compartimentação vertical das aberturas no interior da edificação pode ser realizada por portas (vedadores), registros e selos corta-fogo. De acordo com Ono et al. (2008):

> [...] Aberturas nas lajes destinadas à passagem de instalações de serviço devem ser vedadas com selos corta-fogo na altura de cada pavimento (laje) ou por *shafts* envoltos em paredes corta-fogo consolidadas entre lajes consecutivas. O mesmo se aplica aos registros corta-fogo que devem ser instalados nos dutos de ventilação, dutos de exaustão e outros meio de comunicação entre pavimentos.

Não há necessidade de selar as prumadas enclausuradas por onde passam esgoto e águas pluviais, caso as paredes de enclausuramento sejam corta-fogo e as derivações das instalações estejam seladas corretamente. De acordo com Ono et al. (2008), para poços de elevadores, a compartimentação deve ser realizada com paredes corta-fogo consolidadas com as lajes dos pavimentos. As portas, em cada andar, de acesso ao elevador, devem resistir ao fogo da mesma forma que a parede, garantindo a compartimentação. Em escadas enclausuradas a compartimentação é feita com paredes e portas corta-fogo, com resistências atendendo as legislações existentes.

Para Ono et al. (2008), um elemento importante é a laje dos pisos e da cobertura. Esta deve ser projetada para que o edifício suporte estruturalmente o fogo, impedindo o colapso. Em fachadas, é necessário separar as aberturas de pavimentos consecutivos para que as chamas do pavimento incendiado não atinjam as aberturas do pavimento superior. Estas separações podem ser feitas utilizando parapeitos, prolongamentos de lajes (marquises) ou vigas. Quando a fachada for pré-moldada deve-se ter o cuidado para que os elementos de fixação sejam protegidos contra o fogo e que as frestas entre lajes e vigas sejam seladas corretamente.

7.2.2 Compartimentação Horizontal

A compartimentação horizontal é realizada com a utilização de divisões que são capazes de suportar o incêndio, impedindo a propagação horizontal do fogo no ambiente para outros adjacentes, em um mesmo pavimento. Segundo Ono et al. (2008), estas divisões podem ser paredes de compartimentação devem possuir resistência ao fogo compatível com o nível de incêndio esperado. As portas devem ser corta-fogo e todas aberturas nas paredes de compartimentação necessitam ser protegidas com dispositivos corta-fogo com resistências

apropriadas e compatíveis com as características da parede corta-fogo. Selos corta-fogo devem ser instalados nos dutos de exaustão e ventilação para proteção de cabos elétricos e tubulações.

7.2.3 Áreas de Acantonamento

Para dimensionar sistemas de extração e controle de fumaça mecânicos devem ser considerados parâmetros como: acantonamento, espessura da camada de fumaça, temperatura do ambiente (20ºC) e da camada da fumaça e introdução de ar. Segundo Brentano (2007), a altura da camada de fumaça dependerá da altura do armazenamento na edificação. Quando a altura for menor do que 1,5 m, a espessura da camada de fumaça não pode ser menor do que 15 % da altura do ambiente. Se for maior do que 1,5 m, é considerada a possibilidade da ocorrência de *flashover* e do esfriamento e estratificação da fumaça devido:

a) a altura da camada de fumaça estar afastada com relação a origem do incêndio;

b) da existência de sistemas de chuveiros automáticos que esfriam a fumaça e os gases quentes;

c) das dimensões elevadas do acantonamento.

Para Brentano (2007, p. 318), a área máxima de acantonamento deve ser de 1600 m², podendo ser dispensado desde que:

a) a edificação possua sistema de chuveiros automáticos;

b) se comprove que o fenômeno da estratificação de fumaça não ocorra, permitindo que as pessoas não se afetem com a presença de fumaça nas rotas de saída;

c) são apresentadas razões técnicas detalhadas que justifiquem a dispensa;

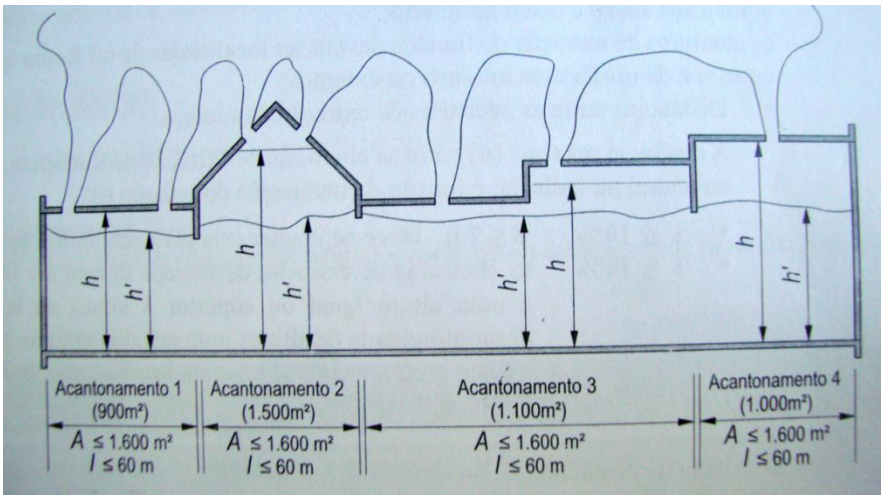
d) a temperatura final da camada de fumaça seja mantida em 20º C acima da temperatura ambiente média do nível do telhado.

A temperatura da camada de fumaça também deve ser prevista para o dimensionamento do projeto de sistema de controle de fumaça, de acordo com o mesmo autor. Sendo 70ºC a temperatura para manutenção das rotas de saída em condições seguras, evitando falta de visibilidade e perigos de intoxicação. E, de 300ºC para que seja possível o auxílio da brigada de incêndio (ou ajuda externa) na busca e resgate a pessoas e no controle e/ou extinção do fogo – controlando e reduzindo a propagação da fumaça e gases quentes.

A introdução de ar pode ser natural ou mecânica. A natural – por janelas, venezianas, portas posicionadas abaixo da camada de fumaça – com velocidades de entrada de ar superiores a 1 m/s deve ser considerado que a camada de fumaça 50 cm acima das aberturas. Para velocidades de entrada de ar inferiores a 1 m/s, a camada de fumaça pode ser considerada a 1,5 m acima das aberturas. Quando a introdução de ar for mecânica as aberturas de insuflação devem estar ligadas a insufladores, localizados no terço inferior do acantonamento (para evitar turbulência – que pode espalhar fogo ou fumaça), por dutos. A velocidade de entrada do ar deve ser inferior a 5 m/s e a vazão volumétrica deve ser 60 % da vazão das aberturas de extração de fumaça – considerando a temperatura de 20ºC.

Os parâmetros a seguir são relacionados a edificações térreas, edificações com pavimentos isolados por lajes e grandes áreas isoladas em um pavimento (depósitos, áreas industriais, etc.). Áreas, em edificações térreas, que necessitem de sistema de controle de fumaça, devem ser divididas em acantonamentos com área de no máximo 1600 m². O comprimento de um lado da área deve ter no máximo 60 m, conforme figura 31 (CORPO DE BOMBEIROS DA POLÍCIA MILITAR DO ESTADO DE SÃO PAULO, 2011c, p. 2).

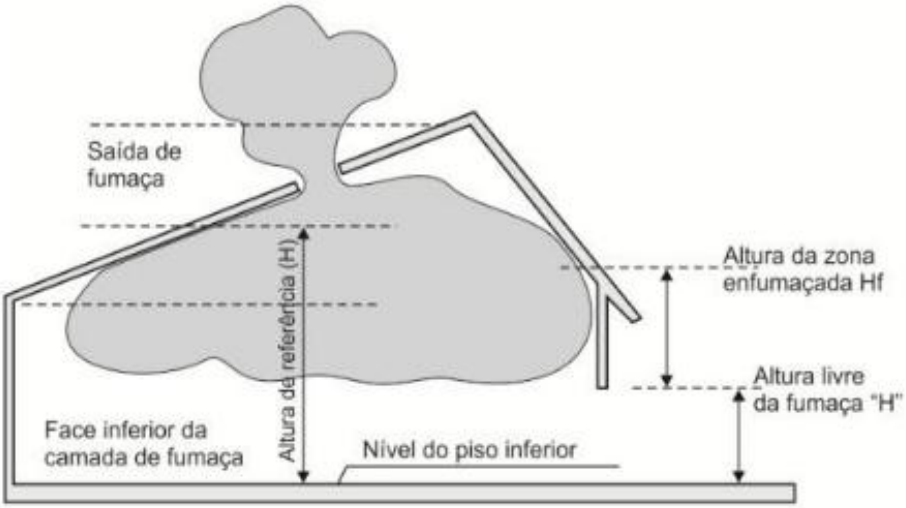
Figura 31 – Área de acantonamento e alturas de referência



(fonte: BRENTANO, 2007, p. 297)

De acordo com a mesma instrução técnica delimitam-se as áreas de acantonamento por painéis ou barreiras de fumaça, pela configuração do telhado ou teto e pela compartimentação da área – obedecendo as áreas máximas de acantonamento, conforme pode ser observado na figura 32.

Figura 32 – Acantonamentos de grandes áreas



(fonte: CORPO DE BOMBEIROS MILITAR DO PARANÁ, 2012b)

Para que sejam determinados os acantonamentos, de acordo com Brentano (2007, p. 296), é necessária a definição da altura de referência (h), que é a média aritmética das alturas do ponto mais alto e do ponto mais baixo do teto (ou cobertura) a partir da superfície do piso, da altura de zona livre de fumaça (h'), que é medida da superfície do piso até a face inferior da camada de fumaça e a altura enfumaçada (hf) que é a altura entre a face inferior da camada de fumaça e a altura de referência.

Aberturas de entrada de ar devem ter área total igual ou maior que as de saída de fumaça, estarem localizadas em zonas livres de fumaça – situando-se no ponto mais baixo possível – e em casos de locais divididos em vários acantonamentos, a entrada de ar poderá ser por acantonamentos periféricos. Não sendo possível a introdução de ar nas fachadas pode-se considerar aberturas em acantonamentos vizinhos (BRENTANO, 2007, p. 297).

Segundo o mesmo autor, a definição de área útil das aberturas de extração de fumaça é dada pela equação 10:

$$A_u = A_{acantonamento} \text{ x taxa de abertura} \qquad \text{(equação 10)}$$

Onde:

A_u = área útil, [m²];

$A_{acantonamento}$ = área de acantonamento, [m²];

taxa de abertura = taxa de abertura de extração de fumaça, [%].

As aberturas de extração de fumaça nos acantonamentos devem estar localizadas na zona enfumaçada (no ponto mais alto possível), quando ligadas a dutos verticais, o comprimento do duto deve ser menor do que 40 vezes a razão entre a sua seção e perímetro. Se no mesmo local existirem exaustores naturais no teto e aberturas de extração na fachada, as aberturas de extração nos acantonamentos podem contribuir com um terço da área útil das aberturas de extração. Devem estar localizadas de forma a atender distanciamentos mínimos entre si, bem como entre os obstáculos externos e internos (CORPO DE BOMBEIROS DA POLÍCIA MILITAR DO ESTADO DE SÃO PAULO, 2011c, p. 3).

Segundo a mesma instrução técnica, a distância máxima (d) entre aberturas de extração de fumaça – no telhado, teto ou lateral da fachada – função da inclinação do telhado (i). Se i menor ou igual a 10 %, d deve ser menor ou igual a 7h e manter-se limitado a 30 m. Caso contrário, as aberturas devem ser localizadas no ponto mais alto possível (altura igual ou superior a h). Em tetos que apresentam descontinuidade de aturas em um acantonamento, calcula-se a altura de referência média. A distância dos obstáculos, medida horizontalmente, não pode ser inferior à diferença de altura – sendo o máximo de 8 m. E, caso a distância mínima entre a divisa do terreno e a edificação vizinha seja menor do que 4 m, é necessário direcionar a fumaça para cima através de um anteparo.

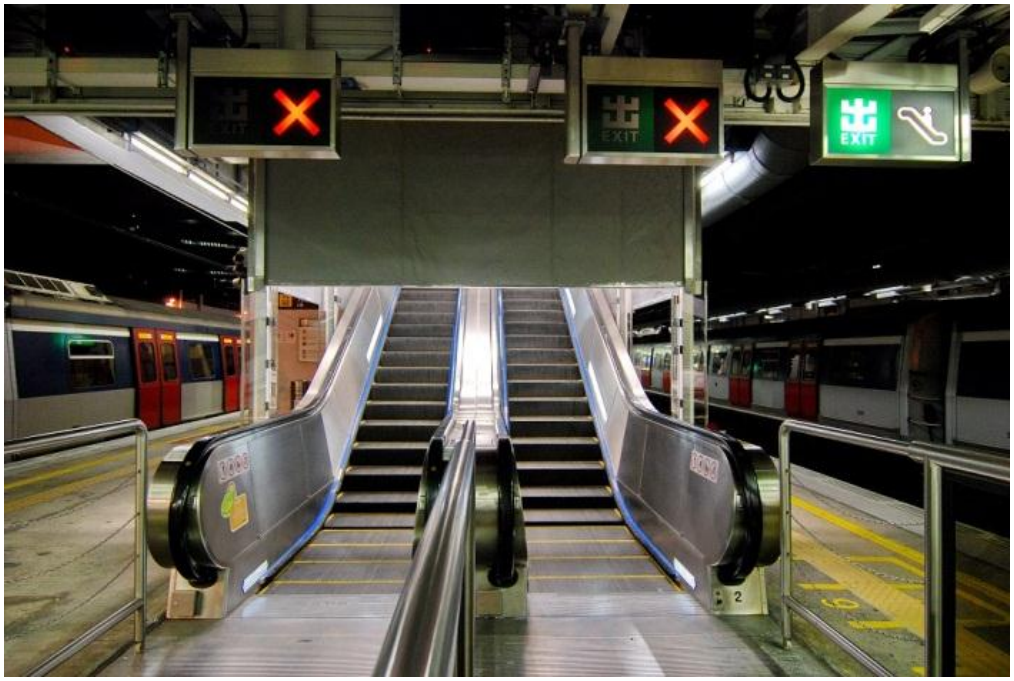
Seguindo procedimentos de determinação de risco de incêndio da ocupação da edificação, classificação do risco e de definição das alturas de referência e altura livre, determina-se a taxa de abertura de extração de fumaça necessária para: depósitos/áreas de armazenamento e demais ocupações. Brentano (2007, p. 298, grifo do autor) ressalta que: “Independente da área da edificação das **demais ocupações**, a área mínima a ser considerada para extração de fumaça deve ser de 10 m².”.

7.2.4 Barreiras de Fumaça

Barreiras devem ser projetadas para que impeçam a passagem de calor e fumaça do local onde há fogo para os demais ambientes da edificação, promovendo um confinamento dos efeitos do incêndio em uma área restrita. De acordo com o Corpo de Bombeiros da Polícia Militar do

Estado de São Paulo (2011), a altura das barreiras de fumaça deve ser de acordo com a altura de referencia do local. A barreira (figura 33) deve conter a fumaça tempo suficiente para que os ocupantes da edificação consigam evacuar, e auxilia o Corpo de Bombeiros facilitando as condições de entrada na edificação para combate ao fogo.

Figura 33 – Barreira de fumaça



(fonte: COLT, c2014a)

7.3 DETECTORES DE FUMAÇA

No momento em que se inicia o fogo, ocorre além da produção de chamas, liberação de calor, gases e fumaça, que se propagam no ambiente. De acordo com Brentano (2007), dispositivos automáticos podem detectar esses produtos da combustão e acionar sistemas de alarme e de extinção do fogo, como o de chuveiros automáticos (*sprinklers*). Caso não haja qualquer ação após a detecção do incêndio (ou do princípio dele), não faz sentido que exista um sistema de detectores, visto que este deve funcionar conjuntamente com os sistemas de proteção da edificação.

Para Brentano (2007), os materiais, quando em combustão, geram fumaça, gases, calor e chamas de acordo com as suas características combustíveis. Não existe um único comportamento no processo de queima e a ordem ou a não geração desses produtos varia. Portanto, deve-se analisar o ambiente da edificação considerando o produto que,

provavelmente, será gerado mais rapidamente e definir qual tipo de detector poderá ser utilizado mais eficientemente (mais segura e rapidamente). Existem detectores que tem capacidade de percepção de mais de um dos produtos resultantes do fogo. A seguir, alguns tipos de detectores utilizados na prevenção e segurança contra incêndio.

O sistema de detecção automático, segundo Brentano (2007), deve ser utilizado quando o principio de incêndio pode não ser rapidamente percebido pelos ocupantes da edificação, quando a quantidade de ocupantes e seu tempo de evacuação forem muito grandes, quando existem partes da edificação (ou toda) que fiquem sem ocupação por determinados períodos e quando existir incapacidade física de fuga dos ocupantes, como em hospitais. Os detectores podem ser térmicos, de fumaça e gás e de chamas e ópticos.

7.3.1 Detectores Térmicos

Os detectores térmicos (figura 34) são os mais antigos dispositivos automáticos para detecção do fogo, sendo acionados quando ocorrer um aumento de temperatura anormal no ambiente, o que pode ser indicio de um principio de incêndio. Geralmente são instalados no teto, visto que é onde o calor se acumula. Dentre os tipos existentes estão os termostáticos (são acionados quando atingem determinada temperatura) e termovelocimétricos (com mecanismo sensível ao rápido aumento de temperatura), podendo ser utilizados separados ou em conjunto.

Figura 34 – Detector térmico

(fonte: TECHNORT SISTEMAS DE SEGURANÇA, c2014)

7.3.2 Detectores de Fumaça e Gás

Os detectores de fumaça e gás (figura 35) são acionados na presença de partículas de fuligem, visíveis ou não, e de gás, que podem ser originados de princípios de incêndio. São indicados para ambientes maiores e abertos. Dentre os tipos principais estão os iônicos (o alarme é acionado quando a densidade da fumaça aumenta para determinados níveis) e ópticos ou fotoelétricos (captam a presença de partículas devido a propagação da luz no ar ser afetada). De acordo com Brentano (2007), detectores de fumaça são acionados mais rapidamente do que os térmicos, na maioria das vezes. Dentre os detectores de fumaça, para fogos de baixa energia, que geram partículas de fuligem maiores, os dispositivos ópticos apresentam resultados mais rápidos de detecção, enquanto que os iônicos tem esse comportamento para fogos de alta energia, quando as partículas geradas são de menor tamanho e maior quantidade.

Figura 35 – Detector de fumaça e gás

(fonte: SIEMENS, ca.2014)

7.3.3 Detectores de Chamas e Ópticos

Os detectores de chamas e ópticos (figura 36) são utilizados em locais onde o produto imediato na combustão é a produção de chamas. De acordo com Brentano (2007), esses dispositivos são acionados por radiações ultravioletas, raios caloríficos infravermelhos emitidos pelas brasas e chamas e energia radialmente visível. Esses detectores possuem resposta extremamente rápida aos estímulos de radiação. Devem ser instalados nas paredes, devido a concentração de fumaça e vapor de água no teto atrapalhar seu acionamento. A utilização desses detectores é indicada para ambientes com poeiras e vapores inflamáveis e/ou explosivos, áreas abertas ou semi-aberta, onde os ventos podem dissipar a fumaça, áreas com

alturas maiores que 8 m e áreas altamente perigosas, como áreas de movimentação de cargas de combustíveis, instalações de gás, cabines de pintura, entre outros de produção rápida de chamas.

Figura 36 – Detector de chamas e ópticos

(fonte: TECHNORT SISTEMAS DE SEGURANÇA, c2014)

7.4 *SPRINKLERS*

Os *sprinklers* (figuras 37 e 38) são chuveiros automáticos e possuem um sistema de bombas de pressurização e tubulações de alta pressão com saídas, para os ambientes da edificação, que através de determinada temperatura entram em funcionamento. Em cada saída há um *sprinkler* que na presença de calor dilata o líquido presente em uma ampola, fazendo que o vidro quebre e libere a água da tubulação sob a forma de ducha. O sistema de instalação de *sprinklers* é formado de (PORTO ALEGRE, 2001, p. 139):

> a) reservatório de água, com reserva forçada e permanente;
>
> b) moto-bomba de incêndio e moto-bomba piloto para a pressurização do sistema;
>
> c) válvula de governo com válvulas de teste e alarme hidráulico de funcionamento;
>
> d) tubulações e conexões;
>
> e) chuveiros automáticos (sprinklers) portadores de marca de conformidade nacional ou internacionais reconhecidas;
>
> f) registro de recalque, devidamente sinalizado, para uso do Corpo de Bombeiros, não podendo ser comum com o do sistema sob comando.

Figura 37 – *Sprinkler*

(fonte: O QUE ..., 2012)

Figura 38 – *Sprinkler* em funcionamento

(fonte: COLT, c2014)

8 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Para que as edificações sejam seguras para seus ocupantes é necessário a existência de normas que regulem seus espaços e elementos, afim de que se possa evitar mortes, perdas patrimoniais e demais prejuízos relacionados aos incêndios. Devido a quantidade de mortes relacionadas à fumaça em incêndios, este trabalho atenta para a importância da gestão da fumaça em edificações. Tendo em vista a pouca literatura existente no Brasil referente ao tema, este trabalho busca alertar sobre o perigo que a fumaça representa nas edificações e a importância de sistemas de controle e de extração para a mesma.

Pesquisando as normas existentes que abrangem o tema se verifica que não existe uma regulamentação padronizada em Segurança Contra Incêndio em Edificações no Brasil. De forma geral, a regulamentação brasileira para gestão de fumaça é escassa e na falta de normas nacionais remete pra normas internacionais. As normas da NFPA e da BSI são referências na SCIE. As leis estaduais fixam os requisitos de segurança, mas não fornecem especificações técnicas quanto a sistemas de gestão de fumaça. As instruções técnicas do Corpo de Bombeiros de São Paulo são as mais completas quanto às especificações para componentes de sistemas de controle e extração de fumaça em edificações e são adaptadas em diversos estados brasileiros.

O Brasil está mudando este cenário, impulsionado pelo acontecimento de tragédias, como o incêndio da Boate Kiss, leis tornaram-se mais severas e mais completas. A formação técnica na área de incêndio também sofreu mudança significativa, tendo em vista o oferecimento de conhecimento técnico na área de proteção contra incêndio para os cursos de engenharia civil de algumas universidades, tais como a UFRGS, que teve sua primeira turma neste primeiro semestre de 2014. No entanto apesar dos avanços recentes, o número de normas em SCIE no Brasil precisa ser rapidamente ampliado.

REFERÊNCIAS

AMANDO, V. **Fumaça preta e densa de incêndio tinge céu azul**. Criciúma, c2014. Disponível em: <http://www.engeplus.com.br/noticia/seguranca/2014/fumaca-preta-e-densa-de-incendio-tinge-ceu-azul>. Acesso em: 20 jun. 2014.

BAUMEL, L. F. S. Prevenção e combate a princípio de incêndio. In: PROGRAMA BRIGADAS ESCOLARES – DEFESA CIVIL NA ESCOLA, 2012, Rebouças. **Anais eletrônicos...** Irati: NRE de Irati, 2012. p. 1-31. Disponível em: <http://www.nre.seed.pr.gov.br/irati/arquivos/File/BRIGADA%20ESCOLAR/combate_a_principios_de_Incendio.pdf>. Acesso em: 15 maio 2014.

BONA, F. Confira fotos feitas minutos após o início do incêndio na Boate Kiss. **Zero Hora**. Porto Alegre, 4 fev. 2013. Disponível em: <http://zh.clicrbs.com.br/rs/noticias/noticia/2013/02/confira-fotos-feitas-minutos-apos-o-inicio-do-incendio-na-boate-kiss-4034020.html>. Acesso em: 20 jun. 2014.

BRENTANO, T. **A proteção contra incêndios no projeto de edificações**. Porto Alegre: T Edições, 2007.

BRITISH STANDARDS INSTITUTION. **About BSI**. Londres, c2014. Disponível em: <http://www.bsigroup.com/en-GB/about-bsi/>. Acesso em: 20 jun. 2014

BUBLITZ, J.; GONZATTO, M. Espuma da morte. **Zero Hora**. Porto Alegre, 2 fev. 2013.

BUFFALO grove house fire. **Chicago: Chicago Area Fire**, 25 feb. 2011. Disponível em: <http://chicagoareafire.com/blog/2011/02/buffalo-grove-house-fire-2-25-11>. Acesso em: 29 jun. 2014.

BUKOWSKI, R. W.; BABRAUSKAS, V. Developing rational, performance-based fire safety requirements in model building codes. **Fire and Materials**, [S. l.], v. 18, n. 3, p. 173-191, may/june 1994. Disponível em: <http://fire.nist.gov/bfrlpubs/fire94/PDF/f94028.pdf>. Acesso em: 1 jul. 2014.

CHOW, W. K.; LI, J. **Review on design guides for smoke management system in an atrium. International Journal on Engineering Performance – Based Fire Codes**, Hong Kong, 2005, v. 7, n. 2, p. 65-87, Jan., 2004. Disponível em: <http://www.bse.polyu.edu.hk/researchCentre/Fire_Engineering/summary_of_output/journal/IJEPBFC/V7/p.65-87.pdf>. Acesso em: 20 jun. 2014.

COLT. **Smoke Control**. Havant, c2014a. Disponível em: <http://www.coltgroup.com/smoke-control.html>. Acesso em: 29 jun. 2014.

_____. **Sistema de Ventilação Natural Seefire – Para ventilação natural no dia-a-dia e controle de fumaça**. c2014b. Disponível em: <http://www.coltgroup.com.br/product-overview/natural-ventilators/seefire-louvred-vents>. Acesso em: 29 jun. 2014.

_____. **The General Principles of Smoke Control**. c2014c. Disponível em: <http://www.coltinfo.co.uk/general-principles-of-smoke-control-cpd.html>. Acesso em: 20 jun. 2014.

_____. **Ventilador Elétrico para Extração de Fumaça Liberator**. Havant, c2014d. Disponível em: <http://www.coltgroup.com.br/product-overview/smoke-control-products/liberator-powered-smoke-extract-ventilator>. Acesso em: 29 jun. 2014.

CONSELHO REGIONAL DE ENGENHARIA E AGRONOMIA DO RIO GRANDE DO SUL. **Análise do Sinistro na Boate Kiss, em Santa Maria, RS**. Porto Alegre, RS, 2013. Disponível em: <http://www.crea-rs.org.br/site/documentos/documentos10/RELATORIO%20COMISSAO%20ESPECIAL%20FINAL.pdf>. Acesso em: 2 maio 2014.

CORPO DE BOMBEIROS DA POLÍCIA MILITAR DO ESTADO DE SÃO PAULO. **Instrução Técnica n. 15**. Controle de Fumaça: Parte 1 – regras gerais. São Paulo, 2011a. Disponível em: <http://www.corpodebombeiros.sp.gov.br>. Acesso em: 15 maio 2014.

_____. **Instrução Técnica n. 15**. Controle de Fumaça: Parte 2 – conceitos, definições e componentes do sistema. São Paulo, 2011b. Disponível em: <http://www.corpodebombeiros.sp.gov.br>. Acesso em: 15 maio 2014.

_____. **Instrução Técnica n. 15**. Controle de Fumaça: Parte 3 – controle de fumaça natural em indústrias, depósitos e áreas de armazenamento em comércios. São Paulo, 2011c. Disponível em: <http://www.corpodebombeiros.sp.gov.br>. Acesso em: 15 maio 2014.

CORPO DE BOMBEIROS MILITAR DO ESTADO DO PARANÁ. **Norma de Procedimento Técnico n. 15**: controle de fumaça – Parte 1 – Regras gerais. 2012a. Disponível em: <http://www.bombeiros.pr.gov.br/modules/conteudo/conteudo.php?conteudo=131>. Acesso em: 15 maio 2014.

_____. **Norma de Procedimento Técnico n. 15**: controle de fumaça – Parte 2 – Conceitos, definições e componentes do sistema. 2012b. Disponível em: <http://www.bombeiros.pr.gov.br/modules/conteudo/conteudo.php?conteudo=133>. Acesso em 15 maio 2014.

_____. **Norma de Procedimento Técnico n. 15**: controle de fumaça – Parte 3 – Controle natural de fumaça em indústrias, depósitos e áreas de armazenamento em comércios. 2012c. Disponível em: <http://www.bombeiros.pr.gov.br/modules/conteudo/conteudo.php?conteudo=132>. Acesso em: 15 maio 2014.

_____. **Norma de Procedimento Técnico n. 15**: controle de fumaça – Parte 6 – Controle de fumaça, mecânico ou natural, nas rotas de fuga horizontais e subsolos. 2012d. Disponível em: <http://www.bombeiros.pr.gov.br/modules/conteudo/conteudo.php?conteudo=139>. Acesso em: 15 maio 2014.

COSTA, C. Fumaça: o maior vilão da segurança contra incêndio. In: SEGURANÇA CONTRA INCÊNDIO NOS PROJETOS DE ENGENHARIA CIVIL E ARQUITETURA, 2011, São Paulo. **Anais...** São Paulo: ECA/USP, 2009. Não paginado. Disponível em: <http://divulgacaotecnologica.wordpress.com/palestras/2-2/>. Acesso em: 1 maio 2014.

CUNHA, L. C. L. da; MARTINELLI JÚNIOR, R. H. Sistema de Controle de Fumaça. In: SEITO, A. I.; GILL, A. A.; PANNONI, F. D.; ONO, R.; SILVA, S. B.; CARLO, U. D. **A Segurança Contra Incêndio no Brasil**. São Paulo: Projeto, 2008. p. 19-33. Disponível em: <http://www.lmc.ep.usp.br/people/Valdir/SCI.pdf>. Acesso em: 1 jun. 2014.

ENGETEL AUTOMAÇÃO E SEGURANÇA. **Extração Natural de Fumaça (Desemfumagem – Controle de Fumaça)**. Blumenau, c2014. Disponível em: <http://www.engetelsc.com.br/automacaoeseguranca/solucoes.php?id=38>. Acesso em: 30 maio 2014. Não Paginado.

ENGEVEX. **Incêndio atinge prédio em Osasco, na Grande São Paulo**. [S. l.], c2013. Disponível em: <http://www.engevex.com/noticias-blog.php>. Acesso em: 29 jun. 2014.

FERNANDES, M. A. P. **Desenfumagem (controlo de fumo) em edifícios de grande extensão**. 2008. 147 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Faculdade de Engenharia, Universidade do Porto, Porto, 2008.

FRANTZ, S. Espuma proibida e letal. **Zero Hora**. Santa Maria, 1 fev. 2013.

GALLO, J. B.; AGNELLI, J. A. M. Aspectos do Comportamento de Polímeros em Condições de Incêndio. **Polímeros**: ciência e tecnologia, São Paulo, v. 8, n. 1, p. 23-38, jan./mar. 1998. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/po/v8n1/8326.pdf>. Acesso em 1 maio 2014.

GILL, A. A.; OLIVEIRA, S. A. de; NEGRISOLO, W. Aprendendo Com Os Grandes Incêndios. In: SEITO, A. I.; GILL, A. A.; PANNONI, F. D.; ONO, R.; SILVA, S. B.; CARLO, U. D.; SILVA, V. P. **A Segurança Contra Incêndio no Brasil**. São Paulo: Projeto, 2008. p. 19-33. Disponível em: <http://www.lmc.ep.usp.br/people/Valdir/SCI.pdf>. Acesso em: 1 jun. 2014.

IMPUNIDADE: tragédia da boate Kiss não deu em nada. **Portal Geral de Notícias**: País, [S. l.], 23 set. 2013. Disponível em: <http://pgn9.com.br/wp/pai/impunidade-tragedia-boate-kiss-nao-deu-nada>. Acesso em: 20 jun. 2014.

INCÊNDIO químico na Biolab. [S. l.]: Zona de Risco, 18 maio 2010. Disponível em: <http://zonaderisco.blogspot.com.br/2010/05/incendio-quimico-na-biolab.html>. Acesso em: 20 jun. 2014.

INTERNATIONAL STANDARD ORGANIZATION. **About ISO**. Genebra, c2014. Disponível em: <http://www.iso.org/iso/home/about.htm>. Acesso em: 20 jun. 2014.

MITIDIERE, M. L. O Comportamento dos Materiais e Componentes Construtivos Diante do Fogo: reação ao fogo. In: SEITO, A. I.; GILL, A. A.; PANNONI, F. D.; ONO, R.; SILVA, S. B.; CARLO, U. D.; SILVA, V. P. **A Segurança Contra Incêndio no Brasil**. São Paulo: Projeto, 2008. p. 55-75. Disponível em: <http://www.lmc.ep.usp.br/people/Valdir/SCI.pdf>. Acesso em: 1 jun. 2014.

MORAES, J. Proteção de Data Center: qual norma seguir? **ICS Engenharia**. São Paulo, [20--]. Disponível em: <http://www.icsengenharia.com.br/pagina/18945/protecao-de-data-center-qual-norma-seguir.html>. Acesso em: 9 jul. 2014.

NATIONAL FIRE PROTECTION ASSOCIATION. **About NFPA**. Quincy, c2014. Disponível em: <http://www.nfpa.org/about-nfpa>. Acesso em: 20 jun. 2014.

NICHOLAS CHIMNEY. **Amortecedores e Reparação Dumper**. Vienna, 2010. Disponível em: <http://www.nicholaschimney.com/damper.html>. Acesso em: 29 jun. 2014.

NÚMERO de mortos em boate de Santa Maria chega a 245. **Correio do Povo**: Notícias, Porto Alegre, 27 jan. 2013. Disponível em: <http://www.correiodopovo.com.br/Noticias/?Noticia=486178>. Acesso em: 20 jun. 2014.

O QUE é um sprinkler e como ele atua no combate a incêndios? São Paulo: **Bucka**, 18 dez. 2012. Disponível em: <http://www.bucka.com.br/o-que-e-um-sprinkler-e-como-ele-atua-no-combate-a-incendios>. Acesso em: 28 maio 2014.

ONO, R. **Proteção do patrimônio histórico-cultural contra incêndio em edificações de interesse de preservação**. FAUUSP, São Paulo, Não Paginado. Disponível em: <http://www.casaruibarbosa.gov.br/dados/DOC/palestras/memo_info/mi_2004/FCRB_MemoriaInformacao_RosariaOno.pdf>. Acesso em 5 jun. 2014.

PORTO ALEGRE, Secretaria Municipal de Obras e Viação. **Lei Complementar n. 420/1998**, de 1 de setembro de 1998. Institui o Código de Proteção contra Incêndio de Porto Alegre e dá outras providências. Porto Alegre, 2001. Disponível em: <http://www2.portoalegre.rs.gov.br/cgi-bin/nph-brs?u=/netahtml/sirel/avancada.html&p=1&r=10&f=G&d=ATOS&l=20&s1=(CODIGO+DE+PROTECAO+CONTRA+INCENDIO)..RELA.>. Acesso em: 5 jun. 2014.

PORTUGAL, Ministério da Administração Interna. **Portaria n. 1532**, de 2 de dezembro de 2008. Regula a aplicação do Decreto de Lei n. 220/2008, que dispõe sobre a segurança contra incêndio em edifícios. Lisboa, 2008a. Disponível em: <http://www.proteccaocivil.pt/SCIE/Documents/Portaria_n.1532_2008_RT_SCIE.pdf>. Acesso: 20 jun. 2014.

_____, Ministério da Administração Interna. **Decreto n. 220**, de 12 de novembro de 2008. Estabelece o regime jurídico da segurança contra incêndios em edifícios. Lisboa, 2008b. Disponível em: <http://dre.pt/pdf1s/2008/11/22000/0790307922.pdf>. Acesso: 20 jun. 2014.

PREVENÇÃO e combate a incêndios. [S. l.]: **Para a sua Segurança**, 17 jan. 2012. Disponível em: <http://parasuaseguranca.blogspot.com.br/2012/01/prevencao-e-combate-incendios-um-uma.html>. Acesso em: 01 maio 2014.

REGIÃO SUL. SC: 217 pessoas ainda sentem efeitos da fumaça tóxica. **Veja**: Brasil, [São Paulo], 3 out. 2013. Disponível em: <http://veja.abril.com.br/noticia/brasil/apos-incendio-quimico-governo-monitora-saude-de-217-pessoas>. Acesso em: 20 jun. 2014.

RIO GRANDE DO SUL, Corpo de Bombeiros. **Portaria n. 64**, de 18 de novembro de 1999. Regula a aplicação da Lei Estadual n. 10.987/97, que dispõe sobre as normas técnicas de prevenção contra incêndios. Porto Alegre, 1999. Disponível em: <file:///C:/Users/sony/Desktop/Monique%20referencia/Portaria_642.pdf>. Acesso: 02 jul. 2014.

_____, Corpo de Bombeiros. **Instrução Normativa n. 001**, de 12 de fevereiro de 2014. Baixa instruções normativas de prevenção e proteção contra incêndio provisórias para aplicação da Lei Complementar n. 14.376/2013. Porto Alegre, 2014. Disponível em: <file:///C:/Users/WIN7U/Downloads/Instrucao_%20Normativa_%20001_2014%20(1).pdf>. Acesso: 01 jul. 2014.

ROCHA, A. P. Fumaça sob controle. **Revista Téchne**, São Paulo: Pini, ano 21, n. 82, p. 28-31, abr. 2013. Disponível em: <http://techne.pini.com.br/engenharia-civil/193/artigo287001-1.aspx>. Acesso em: 28 maio 2014.

SEGURANÇA no trabalho é valorizar a vida. Porto Velho, c2013. Disponível em: <http://segurancasaude.blogspot.com.br/2013/11/ignicao-espontanea-voce-ja-viu-um.html>. Acesso em: 01 maio 2014.

SEITO, A. I. Fundamentos de Fogo e Incêndio. In: SEITO, A. I.; GILL, A. A.; PANNONI, F. D.; ONO, R.; SILVA, S. B.; CARLO, U. D.; SILVA, V. P. **A Segurança Contra Incêndio no Brasil**. São Paulo: Projeto, 2008. p. 35-54. Disponível em: <http://www.lmc.ep.usp.br/people/Valdir/SCI.pdf>. Acesso em: 1 jun. 2014.

SEITO, A. I.; GILL, A. A.; PANNONI, F. D.; ONO, R.; SILVA, S. B.; CARLO, U. D.; SILVA, V. P. **A Segurança Contra Incêndio no Brasil**. São Paulo: Projeto, 2008. Disponível em: <http://www.lmc.ep.usp.br/people/Valdir/SCI.pdf>. Acesso em: 1 jun. 2014.

SIEMENS. **Detector de Fumaça**. [S. l.], [ca.2014]. Disponível em: <http://www.siemens.com.br/templates/produto.aspx?channel=8215&produto=20402>. Acesso em: 29 jun. 2014.

SILVA, V. P.; VARGAS, M. R.; ONO, R. **Prevenção Contra Incêndio no Projeto de Arquitetura**. Rio de Janeiro: IABr/CBCA, 2010.

SILVA FILHO, L. C. P. Formação Profissional. **Conselho Regional de Engenharia e Agronomia do Rio Grande do Sul**, Porto Alegre, p. 26, jan./fev. 2014.

SOUZA, J. L. **Ventilação natural através de lanternim para controle do movimento de fumaça e gases tóxicos em edificações industriais**. 2012. 77 f. Monografia (Formação de Oficiais do Corpo de Bombeiros) – Academia de Bombeiro Militar, Corpo de Bombeiros Militar de Santa Catarina, Florianópolis, 2012.

SOUZA, R.; JARDIM, C.; SALGE, J. M.; CARVALHO, C. R. R. Lesão por inalação de fumaça. **Jornal Brasileiro de Pneumologia**, Brasília, v. 30, n. 6, p. 557-565, Nov./Dez., 2004. Disponível em: <http://www.jornaldepneumologia.com.br/detalhe_artigo.asp?id=1577>. Acesso em: 20 jun. 2014.

TECHNORT SISTEMAS DE SEGURANÇA. **Detector/Acionador manual**. São Paulo, c2014. Disponível em: <http://www.technort.com.br/linha_bc.html>. Acesso em: 30 maio 2014.

TECNOVENT. **Sistema de renovação de ar para indústrias**. [S. l.], ca.2014. Disponível em: <http://www.tecnovent.com.br/exaustores.htm>. Acesso em: 29 jun. 2014.

TOCANTINS. Manual de Prevenção de Incêndio. **EGEFAZ**. [S. l.], 22 set. 2008. Disponível em: <http://www.egefaz.to.gov.br/imagens/downloads/bombeiros02.pdf>. Acesso em: 20 jun. 2014.

TROPICALRIO. **Grelhas – Difusão de ar**. Rio de Janeiro, c2014a. Disponível em: <http://www.tropicalrio.com.br/prod-grelhas.php>. Acesso em 29 jun. 2014.

_____. **Venezianas – Difusão de ar**. Rio de Janeiro, c2014b. Disponível em: <http://www.tropicalrio.com.br/prod-venezianas.php>. Acesso em 29 jun. 2014.

VILLANOVA, M. Todos mortos: doze pequenos corpos carbonizados e foi tudo o que restou do incêndio que destruiu a sala de uma creche em Uruguaiana. **Veja**: Rio Grande do Sul, [São Paulo], n. 26, p. n48-50, 28 jun. 2000. Disponível em: <http://veja.abril.com.br/280600/p_048.html>. Acesso em: 5 jun. 2014.

VIEGAS, J. C.; CRUZ, H. T. Sistemas inovadores de controlo de fumo em edificações. In: ENGENHARIA PARA A SOCIEDADE: INVESTIGAÇÃO E INOVAÇÃO, 2012, Lisboa. **Anais...** Lisboa: LNEC, 2012. p. 1-2. Disponível em: <http://jornadas2012.lnec.pt/site_2_Cidades_e_Desenvolvimento/RESUMOS/T2_VIEGAS_r073.pdf>. Acesso em: 20 jun. 2014.

VIEGAS, J. C. **Sistema de Controlo de Fumo**. [Lisboa]: [s. n.], [20--]. Disponível em: <http://gsi-incendio.com.br/attachments/article/90/CONTROLOV4%20(1)%20(1).pdf>. Acesso em: 29 jun. 2014.