

**CORPO DE BOMBEIROS MILITAR DE SANTA CATARINA  
DIRETORIA DE ENSINO  
CENTRO DE ENSINO BOMBEIRO MILITAR  
ACADEMIA BOMBEIRO MILITAR**

**JACSON LUIZ DE SOUZA**

**VENTILAÇÃO NATURAL ATRAVÉS DE LANTERNIM PARA CONTROLE DO  
MOVIMENTO DE FUMAÇA E GASES TÓXICOS EM EDIFICAÇÕES  
INDUSTRIAIS**

**FLORIANÓPOLIS  
MAIO 2012**

**Jacson Luiz de Souza**

**Ventilação natural através de lanternim para controle do movimento de fumaça e gases tóxicos em edificações industriais**

Monografia apresentada como pré-requisito para conclusão do Curso de Formação de Oficiais do Corpo de Bombeiros Militar de Santa Catarina.

**Orientador(a): Capitão BM José Gamba Júnior**

**Florianópolis  
Maio 2012**

Jacson Luiz de Souza

Ventilação natural através de lanternim para controle do movimento de fumaça e gases tóxicos em edificações industriais

Monografia apresentada como pré-requisito para conclusão do Curso de Formação de Oficiais do Corpo de Bombeiros Militar de Santa Catarina.

Florianópolis (SC), 16 de maio de 2012.

---

Capitão BM José Gamba Júnior – Especialista  
Professor Orientador

---

Capitão BM Charles Alexandre Vieira – Graduado  
Membro da Banca Examinadora

---

Capitão BM Guideverson de Lourenço Heisler – Mestre  
Membro da Banca Examinadora

Dedico este trabalho a todos os bombeiros militares e comunitários que diuturnamente labutam como “guerreiros do fogo”.

## **AGRADECIMENTOS**

Sou eternamente grato ao Supremo Arquiteto do Universo, que em sua infinita bondade sempre me acompanhou, me protegeu, alimentou minha fé e iluminou meus passos. Deus se fez presente em cada minuto da minha existência e por isso lhe agradeço diariamente.

Agradeço a minha esposa Márcia e a minha filha Isabelle que souberam entender minha ausência e nossos poucos momentos de convivência nos últimos dois anos. Vocês foram e são a base de todas as minhas conquistas e esta vitória é de vocês, pois somente foi possível com vosso incentivo, carinho e compreensão.

Agradeço aos meus pais Arcindo e Teresinha e aos meus irmãos pelo apoio incondicional na realização de mais esta conquista. Seus exemplos de vida me conduziram até este momento.

Aos meus colegas e amigos, pelos bons momentos proporcionados durante esses anos de convivência. Terei sim saudades dos momentos em que crescemos como profissionais e como cidadãos.

Ao meu orientador, Irmão e amigo, Cap BM Gamba, pelo apoio que sempre me dispensou nos anos em que trabalhamos juntos e continuou a dispensar através de seu conhecimento e experiência transmitidos durante a elaboração deste trabalho.

Ao Comando Geral, ao Comando do Centro de Ensino Bombeiro Militar e aos oficiais e praças desta casa que nos apoiaram em nossas lutas; a todos os professores militares e civis pela paciência em repassar os ensinamentos que me tornaram um ser um pouco melhor, meu muito obrigado.

“A ausência diminui as paixões pequenas e aumenta as grandes, porque o vento apaga velas e ventila um incêndio”.

(Francois de La Rochefoucauld)

## RESUMO

Aproximadamente 70% das mortes nos incêndios decorrem da inalação da fumaça e gases tóxicos. A partir desta constatação o presente trabalho teve como objetivo o estudo da ventilação natural através do uso de lanternim nas edificações industriais em situação de incêndio. Diversas legislações estaduais de segurança contra incêndio que contêm normas que tratam do controle do movimento da fumaça através da ventilação natural, bem como doutrinas a respeito do tema foram colacionadas. Neste aspecto vê-se que alguns Estados, como São Paulo, Paraná e Goiás, baixaram normas específicas, contudo, são exatamente iguais umas às outras. Outros Estados, como Minas Gerais e Espírito Santo e o Distrito Federal tem previsão do sistema de controle da fumaça como medida preventiva, entretanto, não baixaram normas técnicas pertinentes. Por sua vez Estados como Santa Catarina, Rio Grande do Sul e Rio de Janeiro não têm em suas normas a previsão do sistema de controle da fumaça. As literaturas encontradas acerca do uso do lanternim fazem referência à ventilação natural com enfoque de conforto térmico e não abordam o assunto sob o aspecto da segurança contra incêndio. A seguir o presente trabalho trouxe à baila as vantagens e desvantagens do uso da ventilação natural, onde se pôde verificar que as vantagens apresentadas superaram as desvantagens elencadas pelos estudiosos. O quinto capítulo foi destinado a apresentar os critérios para implementação do sistema de ventilação natural em edificações industriais com o uso de lanternim, os quais foram adotados segundo os critérios de área, com base na Instrução Normativa 009/DAT/CBMSC, altura, de acordo com a realidade arquitetônica atual das edificações industriais, carga de incêndio de risco elevado, além da exigência de compartimentação. Com isso, conclui-se que a implantação de uma Instrução Normativa como sistema de controle do movimento da fumaça é medida importante a ser adotada pelo Corpo de Bombeiros Militar, pois a execução do sistema em uma edificação reduz a quantidade da fumaça e gases tóxicos no ambiente e, por conseguinte, a inalação pelas pessoas; facilita a evacuação; diminui a temperatura interna e os riscos da propagação do incêndio, retarda a possibilidade de colapso estrutural, bem como facilita a entrada das guarnições de bombeiro no local, agilizando as ações de resgate de vítimas e o combate ao incêndio.

**Palavras-chave:** Ventilação natural. Lanternim. Controle do movimento da fumaça. Edificações industriais.

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Fachada frontal de um telhado com lanternim.....	34
Figura 2 - Detalhe interno de lanternim em galpão industrial.....	35
Figura 3 - Ilustração do movimento do ar .....	35
Figura 4 - Vista dos fundos do hangar do Batalhão Aéreo da Polícia Militar de Santa Catarina com utilização de lanternim.....	36
Figura 5 - Vista inferior do lanternim no hangar do Batalhão Aéreo da Polícia Militar de Santa Catarina.....	36
Figura 6 : Ilustração de ambientes enfumaçados, sem ventilação e com ventilação .....	39
Figura 7: Sistema de ventilação com barreiras de contenção de fumaça.....	40
Figura 8 : Detalhe de barreira de fumaça.....	41
Figura 9: Detalhe de barreira de fumaça - corte.....	46
Figura 10 : Altura de referência diversificada por acantonamento .....	47
Figura 11: Acantonamento .....	47
Figura 12 : Exemplo de controle de fumaça por extração natural e entrada de ar natural .....	51

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Queimaduras x inalação de fumaça – Vítimas fatais (1979 – 1992 .....	26
Tabela 2 – Efeitos fisiológicos de componentes dos gases do incêndio.....	29
Tabela 3 - Classificação das edificações quanto a ocupação.....	44
Tabela 4 - Classificação das edificações quanto a altura.....	45
Tabela 5 - Classificação das edificações e áreas de risco quanto à carga de incêndio .....	58
Tabela 6 - Classificação das edificações e áreas de risco quanto à carga de incêndio .....	58

## **LISTA DE SIGLAS**

CBMDF – Corpo de Bombeiros Militar do Distrito Federal

CBMES – Corpo de Bombeiros Militar do Espírito Santo

CBMGO – Corpo de Bombeiros Militar de Goiás

CBMMG – Corpo de Bombeiros Militar de Minas Gerais

CBMPR – Corpo de Bombeiros Militar do Paraná

CBMRJ – Corpo de Bombeiros Militar do Rio de Janeiro

CBMSC – Corpo de Bombeiros Militar de Santa Catarina

CBMSP – Corpo de Bombeiros Militar de São Paulo

CO – Monóxido de Carbono

CO<sub>2</sub> – Dióxido de Carbono

CSCIP – Código de Segurança contra Incêndio e Pânico

DAT – Diretoria de Atividades Técnicas

IN – Instrução Normativa

IRB – Instituto de Resseguros do Brasil

IT – Instrução Técnica

NFPA - National Fire Protection Association

NBR – Norma Brasileira

NPT – Norma de Procedimento Técnico

NSCI – Norma de Segurança contra Incêndio

NT – Norma Técnica

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO</b> .....	13
<b>1.1 Problema</b> .....	14
<b>1.2 Hipóteses</b> .....	15
<b>1.3 Objetivos</b> .....	17
1.3.1 Objetivo Geral.....	17
1.3.2 Objetivos específicos .....	17
<b>1.4 Justificativa</b> .....	18
<b>1.5 Procedimentos metodológicos</b> .....	19
<b>2 O COMPORTAMENTO DO MOVIMENTO DA FUMAÇA E DOS GASES TÓXICOS</b> .....	21
<b>2.1 A fumaça no incêndio</b> .....	23
2.1.1 A fumaça consoante as normas de segurança contra incêndio .....	23
2.1.2 A fumaça do incêndio na visão dos doutrinadores .....	24
<b>2.2 Gases tóxicos dos incêndios e seus efeitos no organismo humano</b> .....	25
<b>2.3 As formas de propagação do incêndio</b> .....	30
2.3.1 A propagação do incêndio consoante as normas de segurança.....	30
2.3.2 A propagação dos incêndios na ótica dos doutrinadores.....	31
<b>2.4 O movimento da fumaça e dos gases tóxicos em edificações industriais através do uso de lanternim</b> .....	33
2.4.1 Conceito de Lanternim .....	33
2.4.2 Modelos de Lanternim.....	34
<b>2.5. Sistema de controle de introdução de ar e extração de fumaça sob a perspectiva doutrinária</b> .....	36
2.5.1 O efeito chaminé .....	41
<b>2.6 Sistema de controle de introdução de ar e extração de fumaça sob a perspectiva das normas de segurança</b> .....	43
2.6.1 Sistema de ventilação natural no Estado de São Paulo .....	44
2.6.2 Sistema de ventilação natural no Estado do Paraná.....	48
2.6.3 Sistema de ventilação natural no Estado de Goiás .....	49
<b>2.7 Requisitos gerais do sistema de ventilação natural</b> .....	50
<b>3 A VENTILAÇÃO NATURAL COMO SISTEMA PREVENTIVO CONTRA INCÊNDIO, SEGUNDO AS NORMAS BRASILEIRAS</b> .....	52

<b>3.1 Controle do movimento da fumaça através da ventilação natural como sistema de proteção contra incêndio</b> .....	53
<b>3.2 A carga de incêndio nas edificações industriais</b> .....	57
<b>4 VANTAGENS E DESVANTAGENS DO USO DA VENTILAÇÃO NATURAL EM INCÊNDIOS</b> .....	60
<b>4.1 Vantagens da ventilação natural</b> .....	61
<b>4.2 Desvantagens da ventilação natural</b> .....	63
<b>5. CRITÉRIOS PARA IMPLEMENTAÇÃO DO SISTEMA DE VENTILAÇÃO NATURAL EM EDIFICAÇÕES INDUSTRIAIS NO ESTADO DE SANTA CATARINA</b> .....	65
<b>6 CONCLUSÃO</b> .....	68
<b>REFERÊNCIAS</b> .....	73

## 1 INTRODUÇÃO

Os incêndios ainda são tratados pela maioria das pessoas afetadas como algo que surge de maneira inesperada, decorrente de uma fatalidade, sem causa aparente. E o fator que traz maior perigo aos atingidos é a inalação de fumaça e gases tóxicos, responsáveis, segundo estudos de Mitidieri (2008) por aproximadamente 70% das mortes no ano de 1992.

Entretanto, é sabido pelos profissionais que trabalham nesta seara que sua origem deriva na maioria das situações por falta de cuidado, ou seja, pela falha na prevenção, que não evitou seu surgimento. Em um segundo momento, pela inexistência dos sistemas preventivos ou falta de manutenção naqueles sistemas existentes.

Além das mortes que causa, a fumaça traz muitos prejuízos materiais, pois a fuligem, nos casos em que não há compartimentação e boa ventilação no local atingido, causa muitos estragos materiais que poderiam ser minimizados.

Nesse sentido, se mostra importante um projeto preventivo que proporcione à edificação um sistema que não provoque embaraço ao uso da mesma e, ao mesmo tempo, aumente as condições de segurança dos usuários na eventual eclosão de um incêndio.

Por isso os profissionais de engenharia e arquitetura têm importância ímpar no processo de concepção da edificação, pois a partir de um projeto integrado que contemple o uso e o conforto aliado à segurança contra incêndio é que a cultura prevencionista ganhará destaque.

Uma edificação que possua os sistemas preventivos adequadamente projetados no que se refere à existência de sistema para ventilação, seja ele natural ou mecânico, proporcionará conforto térmico.

Nas edificações industriais cujo risco de incêndio tende a ser maior devido ao próprio sistema produtivo da empresa, bem como pela possibilidade da rápida propagação, a qual pode atingir enormes proporções face o tipo e a grande concentração de materiais, se faz necessário o controle do movimento da fumaça com o uso de um sistema de ventilação. O uso de lanternins poderá ser uma alternativa viável para a exaustão da fumaça e dos gases tóxicos em situação de incêndio.

Nesse sentido se buscará estudar o comportamento do movimento da fumaça e dos gases da combustão; os aspectos legais, técnicos e doutrinários referentes ao controle do movimento da fumaça e dos gases tóxicos constantes nas normas estaduais de segurança contra incêndio, bem como se buscará conhecer as vantagens e desvantagens da ventilação natural propondo, ao final, os critérios a serem estabelecidos para a implementação do sistema

de ventilação natural em edificações com classificação de ocupação industrial no Estado de Santa Catarina.

### 1.1 Problema

O comportamento das pessoas em situação de incêndio é agravado pela exposição à fumaça e aos gases tóxicos a que estas ficam sujeitas durante a evacuação ou mesmo o enfrentamento ao fogo.

A baixa visibilidade inicial dá lugar ao pânico a partir do momento em que há irritabilidade dos olhos, aumento da temperatura, inalação de CO (Monóxido de Carbono), dentre outros sintomas, os quais causam desorientação nas pessoas, asfixia e morte, se não forem evacuadas e socorridas imediatamente.

Sobre o tema Araújo (2008, p. 95) discorre que

Em um incêndio, o comportamento mais frequente é a tensão nervosa ou estresse, e não a reação de medo e que foge ao controle racional, ou seja, o pânico. Normalmente, as pessoas demoram a reagir diante de uma situação de incêndio, como se estivessem paralisadas nos primeiros minutos, não acreditando que estejam sendo envolvidas numa situação de risco grave.

O fato de as pessoas demorarem a reagir a uma situação emergencial de incêndio deve ser considerado na elaboração dos projetos preventivos, a fim de haver um adequado dimensionamento dos sistemas, tais como alarme, compartimentação de ambientes, iluminação de emergência, controle de materiais de acabamento, saídas de emergência bem sinalizadas e usuários devidamente treinados. Neste sentido

os projetos de arquitetura das edificações precisam considerar a movimentação de fumaça dentro dos ambientes em caso de incêndio, e promover barreiras arquitetônicas e sistemas de extração de gases, além dos sistemas de proteção e combate.” (ARAÚJO, 2008, p. 96)

As novas técnicas construtivas, fruto do desenvolvimento tecnológico, diminuíram os prazos de construção, trouxeram mais conforto, mas também introduziram novos riscos, pois houve a incorporação de diversos materiais combustíveis.

Como ressalta Mitidieri (2008, p. 55)

A reação ao fogo dos materiais contidos na edificação, quer seja como mobiliários (estofamentos, cortinas, objetos de decoração, etc.), ou então como agregados aos elementos construtivos (revestimentos de paredes, tetos, pisos e fachadas), destaca-se como um dos principais fatores responsáveis pelo crescimento do fogo, pela propagação das chamas e pelo desenvolvimento de fumaça e gases tóxicos, contribuindo para que o incêndio atinja fases críticas e gere pânico e mortes.

Tais considerações são relevantes na medida em que a norma catarinense de segurança contra incêndio, que trata do uso da ventilação natural, se limita às escadas de

emergência, Instrução Normativa (IN) 009/2006, que traz, dentre outros requisitos, a existência dos dutos de tiragem de fumaça e dutos de entrada de ar no corpo das escadas e suas antecâmaras, nada prevendo em relação à existência de um sistema de tiragem de fumaça nas demais áreas das edificações. Não existe na norma catarinense de segurança contra incêndio a previsão do sistema de controle do movimento de fumaça e gases tóxicos para as edificações, seja através de ventilação natural ou forçada.

Quando se trata das edificações destinadas aos estabelecimentos industriais essa situação chama ainda mais a atenção devido ao seu processo produtivo, a expressiva carga de incêndio existente e, via de regra, a grande área construída. A falta de ventilação natural em um ambiente contribui para a propagação do incêndio, afeta as pessoas, agrava as condições de busca e resgate e prejudica as operações de combate pelas equipes do Corpo de Bombeiros.

Diante dessas assertivas temos o seguinte problema: Quais critérios devem ser estabelecidos para a implementação do sistema de ventilação natural em edificações com classificação de ocupação industrial no Estado de Santa Catarina?

## 1.2 Hipóteses

Hipótese, na definição de Marconi e Lakatos (2010, p. 139), os quais analisam os conceitos de vários autores, concluem que

podemos considerar a hipótese como um enunciado geral de relações entre variáveis (fatos e fenômenos): (a) formulado como solução provisória para determinado problema; (b) apresentando caráter ou explicativo ou preditivo; (c) compatível com o conhecimento científico (coerência externa) e revelando consistência lógica (coerência interna); sendo passível de verificação empírica em suas consequências.

Todo incêndio causa inicialmente perplexão para depois causar pânico nas pessoas afetadas, as quais podem ficar expostas aos sofrimentos decorrentes de perdas humanas, patrimoniais e também ao abalo psicológico decorrente desta situação de emergência.

A partir do momento que não haja ventilação em um ambiente incendiado, em decorrência do movimento da fumaça e dos gases aquecidos, é possível que esta inunde outros compartimentos da edificação, principalmente as rotas de fuga, reduzindo a visibilidade e podendo ainda causar a intoxicação ou asfixia dos ocupantes.

Se há movimentação da fumaça e dos gases tóxicos, esta será facilitada ou dificultada na medida em que o projeto preventivo tenha previsto compartimentação a fim de diminuir a propagação do incêndio.

Porém, se a edificação possui além da compartimentação um sistema de ventilação natural que possibilite controlar o movimento da fumaça e dos gases tóxicos a fim de extrair do interior da edificação, é de se supor que a possibilidade das pessoas serem afetadas pelos produtos tóxicos desprendidos reduza consideravelmente.

Conforme destaque do Departamento de Engenharia Civil da Universidade de Coimbra, Portugal, na divulgação do Curso de Especialização em Segurança contra Incêndio em instalações industriais

Um incêndio num edifício industrial traduz-se em geral, não só por uma grande perda de bens de produção e da própria instalação fabril, como também em prejuízos para a indústria e seus empregados por interrupção da laboração, podendo até ocorrer a perda de vidas humanas. (UNIVERSIDADE DE COIMBRA, 2012)

As indústrias requerem atenção especial no que tange ao dimensionamento e execução dos sistemas preventivos, especialmente no que diz respeito ao controle do movimento de fumaça e gases tóxicos, pois seu parque fabril contém situações de risco em decorrência de seu processo de fabricação.

Outro fator que agrava os riscos nesses locais é a concentração de materiais depositados, seja para a produção ou para a comercialização.

Acerca dos riscos existentes em armazéns projetados para edificações novas ou existentes, os fatores que podem influenciar um incêndio são

- tipo de materiais de construção utilizados (combustíveis, incombustíveis, mistos) e a compartimentação dos depósitos;
- características dos produtos armazenados;
- disposição e arranjo das mercadorias;
- altura do telhado ou forro;
- número de pavimentos;
- possibilidade de ventilação e acúmulo de calor;
- análise das aberturas (se tem ou não janela e ventilação);
- tamanho das áreas isoladas por paredes corta fogo;
- aberturas com portas corta fogo;
- facilidade de ignição das mercadorias armazenadas e quantidade de calor que podem liberar;
- tipo e embalagem das mercadorias;
- altura de empilhamento, largura dos corredores, tamanho das pilhas, utilização de palets combustíveis;
- armazenamento em pilhas sólidas ou em racks ou similares. (SECCO, 1982, p. 183)

Além desses fatores acima delineados é importante frisar que o incêndio causará ainda a paralisação do processo produtivo, trazendo prejuízos financeiros, que tendem a ser diminuídos com a redução de custos da empresa e, no primeiro momento, à maneira de alcançar esta redução é a demissão de parte dos colaboradores.

Nesse sentido, é de se supor que as chances de propagação do incêndio serão aumentadas ou diminuídas na medida em que o aumento do calor produzido pelo incêndio seja potencializado ou retardado pela inexistência ou existência do sistema de ventilação natural, fato que possibilitará o seu combate ainda na fase inicial.

### **1.3 Objetivos**

#### 1.3.1 Objetivo Geral

O presente trabalho tem por objetivo estudar a ventilação natural como sistema de controle do movimento da fumaça e dos gases tóxicos, através do uso de lanternim, em edificações industriais.

#### 1.3.2 Objetivos específicos

A fim de alcançar o objetivo geral delineado acima se propõe estudar os seguintes aspectos:

- a) Estudar o comportamento do movimento da fumaça e dos gases tóxicos em situação de incêndio;
- b) Analisar legislações estaduais e normas técnicas brasileiras que tratam do controle do movimento da fumaça e dos gases tóxicos como sistema preventivo através do uso da ventilação natural;
- c) Identificar as vantagens e as desvantagens no uso da ventilação natural como controle do movimento da fumaça e dos gases tóxicos;
- d) Propor critérios a serem estabelecidos para a implementação do sistema de ventilação natural com o uso de lanternim em edificações com classificação de ocupação industrial no Estado de Santa Catarina.

### **1.4 Justificativa**

A principal causa das mortes decorrentes de incêndios, segundo a National Fire Protection Association (NFPA), referenciada anteriormente por Mitidieri (2008), é a asfixia causada pela inalação de gases tóxicos, sendo que nos Estados Unidos da América esta causa respondia em 1996 por aproximadamente 70% do total de mortes.

Mas, historicamente, o controle de fumaça teve sua origem conforme apontamento de Cunha e Martinelli Jr (2008, p. 257) quando

em agosto de 1953, um grande incêndio destruiu completamente a fábrica de Livonia da General Motors, em Michigan. Foi o maior incêndio industrial ocorrido naquela época e o estrago causou um prejuízo de US\$ 55 milhões. A investigação subsequente (o Relatório Armour), mostrou a importância do projeto de ventilação de incêndio em grandes construções industriais.

Mais recentemente cita-se como exemplo o Clube Cromagnon em Buenos Aires, que se incendiou em 30 de dezembro de 2004, vindo a óbito 175 pessoas e deixando 714 feridos, sendo 102 em estado grave. A maioria das vítimas em decorrência da inalação de gases tóxicos aquecidos. (GILL et al, 2008, p. 31)

Mitidieri (2008, p. 64) ensina que “a propagação da fumaça em um edifício é muito rápida.” Que ao se deslocar carrega consigo gases quentes, fazendo com que várias áreas sejam atingidas em período muito reduzido, gerando pânico e intoxicando pessoas.

A seguir relata o autor em comentário que

a toxicidade da fumaça, juntamente com sua densidade, talvez seja o fator mais crítico dentre os que intervêm na reação ao fogo dos materiais, devido ao elevado número de vítimas que proporciona. (MITIDIERI, 2008, p. 64)

Os efeitos tóxicos dos materiais combustíveis existentes em uma edificação são potencializados pelo motivo de a indústria ter desenvolvido uma grande quantidade de materiais sintéticos, que embora tenham trazido conforto, tais como estofados, mobília em geral, praticidade na construção dos edifícios, com materiais de acabamento, contribuiu para agravar o incêndio, seja pelo aumento da temperatura, seja pelo desprendimento dos gases que acompanham a fumaça em seu deslocamento.

Ainda segundo relata Mitidieri (2008, p. 65)

Os gases tóxicos provocam não só asfixia, intoxicação e lesões nas vias respiratórias, devido à sua composição, como também queimaduras, pois num incêndio eles se encontram em temperaturas elevadas. O dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) é o primeiro gás a ser inalado numa situação inicial de incêndio, em que se tem a combustão completa dos materiais envolvidos. Ele não é tóxico, porém atua de modo a estimular a respiração, fazendo com que a inalação de outros tipos de gases tóxicos seja maior.

Neste contexto se mostra deveras importante saber lidar com a ventilação em um ambiente confinado, pois como conclui Barcelos (2001, p. 59) a ventilação

representa uma grande ferramenta de apoio. Facilitando as ações de extinção e salvamento, possibilitando a diminuição dos danos causados pela água durante a extinção, aumentando a visibilidade, diminuindo o calor, acelerando os procedimentos de ataque, reduzindo os perigos de explosões ambientais, diminuindo a propagação da fumaça, torna muito mais efetivo o desencadeamento de atividades, aumentando a segurança e racionalizando as atividades.

Assim, define-se então que

a ventilação natural consiste na movimentação (passagem) de ar através de ambiente, sem que haja fornecimento de energia ao escoamento por fontes mecânicas.” (CHIARELLO, 2006, p. 28)

Conhecido os perigos da inalação dos gases tóxicos e o conceito de ventilação natural, importa conhecer o conceito de Lanternim, que segundo definição proposta pela Empresa Brasileira de Pesquisas Agropecuárias (2011) é

Uma abertura na parte superior do telhado, indispensável para se conseguir adequada ventilação, pois, permite a renovação contínua do ar pelo processo de termossifão resultando em ambiente confortável. (EMBRAPA, 2011)

Diante do exposto, a seguir vem a metodologia a ser utilizada no presente trabalho.

### **1.5 Procedimentos metodológicos**

A pesquisa científica para ser validada deve estar apoiada num referencial metodológico que permita alcançar os objetivos do trabalho, além de se basear nas teorias desenvolvidas anteriormente e que se relacionem ao que está sendo pesquisado.

Método, de acordo com Marconi e Lakatos (2010, p. 253),

consiste em uma série de regras com a finalidade de resolver determinado problema ou explicar um fato por meio de hipóteses ou teorias que devem ser testadas experimentalmente e podem ser comprovadas ou refutadas.

Por sua vez, método científico, nas palavras de Bunge (apud MARCONI e LAKATOS, 2007, p. 45) é “um conjunto de procedimentos por intermédio dos quais (a) se propõe os problemas científicos e (b) colocam-se à prova as hipóteses científicas”.

A finalidade da atividade científica é a obtenção da verdade, por intermédio da comprovação de hipóteses que, por sua vez, são pontes entre a observação da realidade e a teoria científica, que explica a verdade. (MARCONI; LAKATOS, 2007, p. 46)

Pelo exposto, este trabalho será desenvolvido através do método hipotético-dedutivo, cuja definição de Marconi e Lakatos (2010, p. 73), avalisando o método proposto por Popper, informa que “[...] toda pesquisa tem sua origem num problema para o qual se procura uma solução, por meio de tentativas (conjecturas, hipóteses, teorias) e eliminação de erros”.

Preambularmente, (GIL, 2009, p. 41) assevera que o “objetivo é proporcionar maior familiaridade com o problema, com vistas a torná-lo mais explícito ou constituir hipóteses”.

Com base nessas premissas, o presente trabalho buscará, através da pesquisa na internet, conhecer diversas legislações estaduais e normas técnicas que tratam do controle do movimento da fumaça.

Visando amparar o estudo legislativo e normativo, será feita pesquisa doutrinária em livros produzidos e disponíveis na biblioteca do Centro de Ensino Bombeiro Militar.

Além disso, serão realizadas pesquisas na internet buscando artigos científicos que tratam do assunto.

Para isso, o segundo capítulo será destinado a estudar o comportamento do movimento da fumaça e dos gases tóxicos, a fim de conhecer as implicações nas edificações industriais em situação de incêndio.

No terceiro capítulo a pesquisa levará em consideração os aspectos legais de diferentes legislações de bombeiro, com destaque para os Estados de São Paulo, Goiás e Paraná, haja vista a disponibilidade de consulta digital do acervo normativo, via internet, e da tradição que estes Estados apresentam no tocante aos estudos relacionados à segurança contra incêndio, bem como os estudos doutrinários pertinentes ao assunto em tela, buscando identificar os conceitos relativos à prevenção e proteção contra incêndio, especificamente aqueles relacionados à ventilação natural para o controle do movimento da fumaça e dos gases tóxicos.

Buscar-se-á no quarto capítulo identificar as vantagens e as desvantagens apontadas pelos estudiosos sobre o uso da ventilação natural e suas implicações no incêndio.

A partir das hipóteses levantadas e da pesquisa sobre a ventilação natural e seus efeitos nos incêndios, bem como as exigências normativas apresentadas e levadas a termo, o quinto capítulo apresentará os critérios a serem estabelecidos para o uso da ventilação natural, através do lanternim, nas edificações industriais do estado catarinense.

## 2 O COMPORTAMENTO DO MOVIMENTO DA FUMAÇA E DOS GASES TÓXICOS

As atuais técnicas de combate a incêndio e sua aplicabilidade no enfrentamento dos incêndios confinados somente se tornou possível após o desenvolvimento de equipamentos de proteção individual que permitiu ao bombeiro combatente aproximar-se com mais segurança do local incendiado.

Alia-se a esse fator o desenvolvimento de equipamentos de proteção respiratória que possibilitaram ao profissional do fogo o combate direto sem expô-lo aos efeitos nocivos da inalação da fumaça e gases tóxicos.

Partiu-se das técnicas de combate defensivo, onde os bombeiros militares ficavam na área externa à edificação combatendo o incêndio à distância, para o combate ofensivo, com o desenvolvimento de técnicas de entrada em locais incendiados, progressão, busca e retirada de vítimas.

Dissertando sobre a antiga atuação das guarnições de bombeiro, Barcelos (2001, p. 13) destaca que

No Brasil, especificamente em Santa Catarina, a atuação não era diferente. Trabalhava-se com linhas de mangueiras, capacetes de fibra e roupas de tecido espesso de algodão, que necessitava de uma linha exclusiva para resfriamento do pessoal de combate, ou seja, dificilmente o bombeiro adentrava a edificação, o que fazia com que todas as ações de bombeiros fossem defensivas, de proteção, sobressaindo algumas ações de resgate heróicas, pois a grande maioria das intervenções limitava-se a jogar água no interior da edificação, efetuando as famosas e condenadas “extinções por alagamento”.

A partir das novas técnicas o uso da ventilação em incêndios se mostrou fundamental, principalmente porque possibilitou aos bombeiros um acesso mais rápido e seguro nas atividades de busca às vítimas do incêndio.

Uma vez que não se pôde eliminar totalmente a possibilidade da ocorrência de um incêndio, as características construtivas tiveram que proporcionar aos usuários uma sensação de segurança tal que o risco do incêndio fosse pequeno e, em surgindo este, a sua propagação se desse em níveis toleráveis que permitissem o combate ou a evacuação segura do local.

Outrora incipiente, atualmente o estudo dos componentes edificação-funcionalidade-segurança-usuário procura compatibilizar os projetos arquitetônico e preventivo contra incêndio, sem deixar de lado a funcionalidade da edificação.

O Prof. Berto, lecionando na Fundação Universitária Regional de Blumenau no ano de 2007 para a Pós Graduação em Engenharia de Prevenção de Incêndio, apostilou que

do ponto de vista funcional, o conjunto de medidas de prevenção e de proteção contra incêndio não devem introduzir inconveniências que venham a restringir o livre desenvolvimento das atividades no interior do edifício, dificultando sua ocupação e seu uso.

Assim, o projeto da construção de uma edificação deve ser integrado, onde os profissionais devem buscar o equilíbrio entre o conforto, beleza, funcionalidade e segurança, sem deixar de lado a questão dos custos e dos benefícios que as medidas de segurança contra incêndio trarão aos usuários da mesma.

O Professor Ualfrido Del Carlo ilustrou com precisão o despertar de uma nova consciência prevencionista (2008, p. 11)

A urbanização alucinante de São Paulo provocou um aumento brutal do risco de incêndios na cidade, que culminou com os incêndios dos edifícios Andraus e Joelma, com um grande número de vítimas humanas, não apenas as que morreram, mas com todas as pessoas envolvidas diretamente nesses incêndios que tiveram suas vidas afetadas, causando mudanças comportamentais e traumas psicológicos pós-incêndio.

A partir do momento que o poder público se viu forçado a adotar medidas de prevenção e proteção contra incêndios, as organizações de bombeiros, profissionais de engenharia e os estudiosos da ciência do fogo e das questões a ele ligadas começaram a estudar outras medidas que garantissem o máximo de segurança possível e o mínimo de perdas humanas e materiais.

Concluiu Del Carlo (2008, p. 11) que

essas tragédias provocaram mudanças na legislação, nas corporações de bombeiros, nos institutos de pesquisa e, principalmente, foi iniciado um processo de formação de técnicos e pesquisadores preocupados com essa área de conhecimento.

Dentro desse contexto temos a ventilação natural em ambientes submetidos a incêndio, que é assunto merecedor de especial atenção, pois as estatísticas da NFPA apresentada em 1996, do total de 3966 vítimas fatais de incêndios nos Estados Unidos da América, 70% delas tiveram como causa a morte por asfixia devido à inalação de gases tóxicos. (MITIDIERI, 2008)

O fenômeno da globalização exigiu do mercado industrial brasileiro uma rápida expansão, garantida pela estabilidade econômica surgida a partir de meados da última década do século XX. Entretanto, esta necessidade de crescimento dos parques industriais não seguiu na íntegra os critérios normalizadores da segurança contra incêndio.

Soma-se a esse fenômeno a incorporação de uma grande quantidade de materiais sintéticos produzidos e agregados às edificações industriais, sem a observância de seus efeitos

potencializadores em um possível incêndio. Materiais estes que reagem rapidamente ao fogo e desprendem uma grande quantidade de gases tóxicos.

No Brasil, a partir dos relatos dos grandes incêndios dos anos 70, foram-se aperfeiçoando os sistemas preventivos de segurança contra incêndio, bem como se exigiu dos profissionais bombeiros militares o aprimoramento de suas técnicas de combate a incêndio e de resgate de vítimas.

Gill et al (2008, p. 22) relatam que

o corpo de bombeiros possuía alguma regulamentação, advinda da área seguradora, indicando em geral a obrigatoriedade de medidas de combate a incêndio, como a provisão de hidrantes e extintores, além da sinalização desses equipamentos.

Contudo, afirma o professor Gill et al (2008, p. 23) a seguir que “inexistia, por exemplo, uma norma que tratasse de saídas de emergência”.

Aos sistemas preventivos por extintores e sistemas hidráulicos preventivos, foram-se agregando outros, tais como saídas de emergência, gás central canalizado, proteção por para-raios, iluminação e sinalização de emergência e alarme e detecção de incêndio.

A evolução tecnológica proporcionou o surgimento de novos materiais sintéticos, fator que potencializou os incêndios, causando a produção de outros gases tóxicos, ainda mais nocivos ao homem.

## 2.1 A fumaça no incêndio

### 2.1.1 A fumaça consoante as normas de segurança contra incêndio

Os incêndios desenvolvem além da produção do calor e das chamas a fumaça.

A Instrução Técnica (IT) nº 15/2011, parte 2, do Corpo de Bombeiros da Polícia Militar do Estado de São Paulo (CBMSP) (2011d) estabelece que a

7.18 **Fumaça:** partículas de ar transportadas na forma sólida, líquidas e gasosas, decorrentes de um material submetido à pirólise ou combustão que juntamente com a quantidade de ar formam uma massa.

A Norma de Procedimento Técnico (NPT) nº 15/2012, parte 2, do Corpo de Bombeiros Militar do Estado do Paraná (CBMPR) (2012b) trata do controle de fumaça e a define como sendo o conjunto de

7.18 partículas de ar transportadas na forma sólida, líquida e gasosa, decorrentes de um material submetido a pirólise ou combustão, que juntamente com a quantidade de ar formam uma massa.

A Norma Técnica (NT) nº 03/2009 do Corpo de Bombeiros Militar do Estado do Espírito Santo (CBMES) (2009) traz conceito muito parecido, senão vejamos

**4.205 Fumaça (“smoke”):** partículas de ar transportadas na forma sólida, líquida e gasosa, decorrente de um material submetido a pirólise ou combustão, que juntamente com a quantidade de ar que é conduzida, ou de qualquer outra forma, misturada formando uma massa.

Visto o conceito da fumaça consoante às normas de segurança contra incêndio em vigor, colaciona-se abaixo o entendimento doutrinário a respeito.

### 2.1.2 A fumaça do incêndio na visão dos doutrinadores

O conceito da fumaça do incêndio desenvolvido pelos doutrinadores decorre da análise das normas em vigor que tratam do tema, aliado aos conhecimentos técnicos e às experiências adquiridas no decorrer dos anos de estudo e labuta na área da engenharia de prevenção contra incêndio.

Conceitualmente “a fumaça é uma mistura de gases e partículas tênues arrastadas pela ascensão dos gases quentes. Ela pode ser leve ou pesada.” (FALCÃO, 1995, p. 52)

A fumaça, nos ensinamentos de Seito (2008, p. 48), “é a mistura de gases, vapores e partículas sólidas finamente divididas”.

Para Castro e Abrantes (2011, p. 49) o “fumo e os aerossóis são produtos da combustão voláteis, não gasosos, resultantes da transformação da matéria”. Seguem estes autores definindo que os fumos

são constituídos por partículas produzidas em consequência dos mecanismos da combustão, em função dos materiais combustíveis envolvidos e demais condições em que decorre a reação química de oxidação.(CASTRO; ABRANTES, 2011, p. 49)

ISO/GUIDE52/TAG5 (1990 apud Mitidieri, 2008, p. 65) referencia que “a fumaça é definida como ‘uma concentração visível de partículas de sólidos e/ou líquidos em suspensão gasosa resultante de uma combustão ou pirólise’ ”.

Sua influência no incêndio decorre do fato que

[...] afeta a segurança das pessoas das seguintes maneiras:

- a) tira a visibilidade das rotas de fuga.
  - b) tira a visibilidade por provocar lacrimejamento, tosses e sufocação.
  - c) aumenta a palpitação devido à presença de gás carbônico.
  - e) provoca o pânico por ocupar grande volume do ambiente.
  - f) provoca o pânico devido ao lacrimejamento, tosses e sufocação.
  - g) debilita a movimentação das pessoas pelo efeito tóxico de seus componentes.
  - h) tem grande mobilidade podendo atingir ambientes distantes em poucos minutos.
- (SEITO, 2008, p. 48)

Essa fumaça e os gases tóxicos aquecidos pela combustão dos materiais irão percorrer os caminhos livre em uma edificação e poderão propagar o incêndio para outras

áreas caso não haja uma compartimentação confiável, isolamento de riscos e sistema de extração de fumaça, podendo afetar as pessoas e trazer sérias consequências.

## **2.2 Gases tóxicos dos incêndios e seus efeitos no organismo humano**

Conforme visto, muito além das perdas materiais e dos prejuízos econômicos subsequentes, estão as perdas das vidas humanas causadas pela intoxicação por inalação dos gases quentes oriundos da combustão dos materiais.

Sobre as consequências dos incêndios aponta Gamba Júnior (2001, p. 42) que

a problemática do incêndio já não é mais somente a proporção do fogo quanto a sua dimensão e severidade, mas, principalmente, o desenvolvimento de produtos gasosos que podem ser tóxicos ou asfíxiantes.

Portanto, tão importante quanto saber lidar com incêndio, aplicar as técnicas corretas de combate a fim de minimizar seus efeitos e evitar a sua generalização, é conhecer seu efeito silencioso e de maior perigo, que é a exposição das pessoas à fumaça e aos gases tóxicos derivados dos diversos materiais combustíveis presentes em um cenário.

Na eclosão de um incêndio os gases mais comuns encontrados são o vapor de água (H<sub>2</sub>O), o dióxido de carbono ou gás carbônico (CO<sub>2</sub>) e o monóxido de carbono (CO). (CASTRO; ABRANTES, 2011)

Um dos resultados da combustão é o gás, que como o próprio nome diz, adquire o estado gasoso mesmo que seja resfriado a temperatura normal do ambiente. (SEITO, p. 378)

Nesse sentido, a composição da fumaça varia de acordo com o material em combustão, mas os principais produtos encontrados em toda combustão são o monóxido de carbono (CO) e o dióxido de carbono ou gás carbônico (CO<sub>2</sub>).

Conforme Seito (2008, p. 51)

A composição química da fumaça é altamente complexa e variável. Chega a ter duas centenas de substâncias e a porcentagem dessas substâncias varia com o estágio do incêndio.

A formação dessas substâncias é influenciada por: composição química do(s) material(ais) em combustão, oxigenação e nível de energia (calor) no processo.

Tóxico, na definição de Falcão (1995, p. 489)

é uma individualidade química que, penetrando num organismo vivo, a partir de determinados limites de concentração, pode ocasionar um efeito mortal.

Para se originar um incêndio são necessários que um combustível, um comburente, geralmente oxigênio, e a presença de uma fonte externa de calor entrem num ciclo de reação química e se retroalimente. Assim,

os gases combustíveis, quando misturados com o oxigênio do ar, formam a mistura explosiva, que na presença de uma energia ativante entra em combustão instantânea, ou seja, explosão. (SEITO, 2008, p. 39)

Em relação a composição química dos materiais combustíveis Oliveira (2005 apud Serafim, 2008, p. 20) informa que

a quantidade e os tipos de gases da combustão presentes durante e depois de um incêndio variam de acordo com cinco fatores principais: a composição química do material da combustão (natureza do combustível), a taxa de calor (temperatura do incêndio), a taxa ou velocidade de aquecimento, a temperatura dos gases desprendidos e a concentração de oxigênio.

Estudos colacionados por Mitidieri (2008) demonstram, conforme tabela 1 abaixo, a relação das vítimas fatais e aquelas decorrentes da inalação da fumaça, cujos números apontam para o decréscimo em números absolutos, mas um aumento no percentual de vítimas da inalação da fumaça.

Tabela 1 – Queimaduras x inalação de fumaça – Vítimas fatais (1979 – 1992)

ANO	TOTAL	VÍTIMAS FATAIS				
		INALAÇÃO DA 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%)
Mudança Percentual	- 34%		- 18%		- 56%	- 52%

Fonte: NFPA Journal, Nov/Dec (1996 apud Mitidieri, 2008, p. 66)

Contextualizando, Seito (2008, p. 51) ensina que a toxicidade da fumaça depende dos gases encontrados nos materiais combustíveis, os quais podem ser, dentre outros

- a) monóxido de carbono - CO: é encontrado em todos os incêndios e [...] o efeito tóxico deste gás é a asfixia, pois ele substitui o oxigênio no processo de oxigenação do cérebro efetuado pela hemoglobina. [...]
- b) gás carbônico - CO<sub>2</sub>: é encontrado também em todos os incêndios e [...] a toxicidade do gás carbônico é discutível. [...] 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.
- c) gás cianídrico, cianeto ou cianureto de hidrogênio - HCN: [...] Materiais mais comuns que produzem o gás cianídrico na sua queima são: seda, náilon, orlon,

poliuretano, uréia-formoldeido, acrilonitrila, butadieno e estireno. [...] 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). - [...] 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, 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 - NOx: [...] 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<sub>2</sub>S: 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.

g) gás oxigênio - O<sub>2</sub>: o consumo do oxigênio na combustão dos materiais diminui a concentração desse gás no ambiente e é um dos fatores de risco à vida das pessoas. Outros gases que são encontrados na fumaça: dióxido de enxofre - SO<sub>2</sub>, acrilonitrila - CH<sub>2</sub>CHCN, formaldeído - HCHO, fosgene - COCl, etc.

Ao comentar os efeitos da fumaça Serafim (2008, p. 20) destaca que

Os efeitos decorrentes dos gases tóxicos da fumaça sobre as pessoas dependem do tempo de exposição, da concentração dos gases na atmosfera e também, de forma significativa, das condições físicas e resistência dos indivíduos expostos.

Conforme ensinamentos de Castro e Abrantes (2011, p. 48)

o volume dos gases libertados resultantes da combustão é, normalmente, bastante apreciável dado que cada molécula de gás ocupa 22,4 L, à pressão e temperatura normais.

Segundo Falcão (1995, p. 505) os gases tóxicos podem ser classificados em seis grupos, conforme os efeitos fisiológicos principais

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.”

Sobre as lesões por inalação de fumaça Souza (2004, p. 558) define que

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

Destacam-se nesta lista os gases asfixiantes e os irritantes, bem como os gases naturais, tais como o dióxido de carbono, que em concentrações superiores àquelas encontradas na atmosfera pode ser tóxico às pessoas.

Os gases irritantes, de acordo com Souza (2004, p. 558), “causam lesão na mucosa através de reações de desnaturação ou oxidação. Podem causar broncoespasmo, traqueobronquite química e até mesmo edema pulmonar”.

Convém não confundir gases irritantes com gases asfixiantes, os quais são definidos

como aqueles que retiram oxigênio do ambiente. A retirada de oxigênio ocorre tanto pela diminuição da fração de oxigênio do ar inspirado, como por qualquer outro mecanismo que impeça a captação e distribuição de oxigênio pelo sistema cardiovascular. (SOUZA, 2004, p. 558)

Dos gases presentes em uma combustão vale citar dois: o monóxido de carbono (CO) e o dióxido de carbono ou gás carbônico (CO<sub>2</sub>), os quais estão presentes em todos os incêndios e são considerados asfixiantes, pois aquele reage com a hemoglobina e diminui a oferta do oxigênio nas células e este diminui a quantidade de oxigênio no ambiente incendiado (SOUZA, 2004)

O monóxido de carbono (CO) é o resultado de uma queima incompleta dos materiais à base de carbono e atua como agente asfixiante, pois é um gás incolor, inodoro e insípido, e quando inalado combina com o sangue, formando um composto denominado carboxihemoglobina, que impede a chegada do oxigênio nos órgãos e músculos, que por sua vez, impede a expulsão do CO<sub>2</sub> dos mesmos. (SECCO, 1995)

Esse gás é o principal causador das intoxicações e mortes que ocorrem durante um incêndio. (SERAFIM, 2008)

Já o dióxido de carbono CO<sub>2</sub> é um gás que se origina da queima completa dos materiais à base de carbono e

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. (SEITO, 2008, p. 52)

Para Serafim (2008, p. 34)

O dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) é um gás inodoro, incolor, mais denso que o ar e que produzido em todas as combustões nas quais intervenham materiais combustíveis que contenham carbono.

Segundo ensina Araújo (2008, p. 96) a fumaça

dificulta a visibilidade, durante um incêndio, contém CO, entre outros gases, que possui mais afinidade com a hemoglobina do sangue que o oxigênio. Isso afeta o sistema nervoso central provocando sintomas como mal-estar, distúrbios de funções

motoras, perda de movimento, perturbações de comportamento (fobia, agressividade, pânico, coma, etc.). A escassez de oxigênio pode ocasionar a morte de células do cérebro e levar à lesão que causa parada respiratória e morte.

Os efeitos fisiológicos dos produtos da combustão podem ser conhecidos na tabela 2, transcrita abaixo.

Tabela 2 – Efeitos fisiológicos de componentes dos gases do incêndio

Nome Efeito	Concentração em partes por milhão = ppm = 10-4% em volume = cm <sup>3</sup> /m <sup>3</sup>											
	Gás	CO	CO <sub>2</sub>	Cl <sub>2</sub>	HCl	COCl <sub>2</sub>	H <sub>2</sub> F <sub>2</sub>	HCN	NH <sub>3</sub>	H <sub>2</sub> S	SO <sub>2</sub>	NO/NO <sub>2</sub>
	Óxido De carbono	Dióxido De carbono	Cloro	Ácido Clorídrico gasoso	Fosfôgênio	Ácido Fluorídrico gasoso	Ácido Prússico gasoso	Amoníaco	Ácido Sulfúrico gasoso	Anidrido Sulfuroso	Vapores Nitrosos	
Durante várias horas sem consequência	100	1000 a 1500	0,35 a 1,0	10	1,0	3,0	15	100	20	cerca de 10	cerca de 40	
Durante uma hora sem consequência	400 a 500	3000 a 3500	4	50 a 100	cerca de 5	10	50 a 60	200	cerca de 100	60 a 100	cerca de 80	
Perigoso dentro de meia a uma hora	1500 a 2000	3500 a 4000	40 a 60	1000 a 2000	25	50 a 250	cerca de 100	500	300	cerca de 150	100 a 150	
Mortal em meia hora	4000	-	cerca de 150	cerca de 2000	cerca de 30	250	cerca de 150	cerca de 2200	600	cerca de 400	-	
Imediatamente mortal	1000 a 0	6000 a 7000	1000	1300 a 2000	50	-	180 a 270	2500 a 5000	1000	500 a 600	200 a 700	
Quantidade mínima para irritar a garganta	sem gosto	sem gosto	15	25	3,1	cerca de 10	-	140	100	cerca de 0,35	62	
Quantidade mínima detectada pelo cheiro	sem odor	sem odor	3,5	15	5,6	desconhecido	muito pessoal	20	uma ou mais	cerca de 0,5	cerca de 5	
Materiais de origem	todos os materiais orgânicos		materiais a base de cloro	materiais sintéticos (PVC)	materiais a base de cloro	-	lã, seda e alguns plásticos	sistemas de refrigeração	materiais orgânicos (enxofre)	-	celulóide brinquedo	

Fonte: Adaptado de Purt, G.A (1980 apud Castro e Abrantes, 2011, p. 48)

Discorrendo sobre o diagnóstico da lesão inalatória, Souza (2004, p. 559) relata que

O monóxido de carbono, por exemplo, tem predileção por atingir o sistema nervoso central e o coração. Portanto, a exposição a este agente pode levar a sintomas de

cefaléia, alterações visuais e confusão mental, e pode evoluir para taquicardia, angina e arritmias, ou ainda convulsão ou coma.

Portanto, o dimensionamento de um adequado sistema de extração da fumaça e dos gases tóxicos em uma edificação não deve ser negligenciado, eis que se houver a eclosão de um incêndio e sua percepção tardar a acontecer, bem como a resposta for demorada ou inadequada, sua generalização pelos ambientes o tornará difícil de ser controlado, a fumaça afetará as pessoas e sua propagação dificultará as ações de resgate das vítimas e do combate.

## **2.3 As formas de propagação do incêndio**

### **2.3.1 A propagação do incêndio consoante as normas de segurança**

Conhecer as formas de propagação do incêndio é peça fundamental no seu controle, para o estudo das condições arquitetônicas da edificação a fim de determinar sua compartimentação e isolamento de riscos, no controle dos materiais combustíveis, no combate ao sinistro quando de sua eclosão e na ciência pericial, que busca determinar as causas de sua origem e expansão, bem como para as condições de ventilação.

Os incêndios se propagam de maneira geral, de acordo com a IT nº 02/2011 do CBMSP, de três formas, a saber:

#### **8.1.3 [...]**

- a. por condução, ou seja, através de um material sólido de uma região de temperatura elevada em direção a outra região de baixa temperatura;
- b. por convecção, ou seja, por meio de um fluído líquido ou gás, entre 2 corpos submersos no fluído, ou entre um corpo e o fluído;
- c. por radiação, ou seja, por meio de um gás ou do vácuo, na forma de energia radiante. (CORPO DE BOMBEIROS DA POLÍCIA MILITAR DO ESTADO DE SÃO PAULO, 2011a, p.96)

Para os casos de propagação em edificações distintas a IT nº 02/2011 do CBMSP adota os seguintes conceitos:

#### **9.1 Medidas de proteção passiva**

##### **9.1.1 Isolamento de risco**

A propagação do incêndio entre edifícios distintos pode se dar através dos seguintes mecanismos:

##### **1) radiação térmica, emitida:**

- a. através das aberturas existentes na fachada do edifício incendiado;
- b. através da cobertura do edifício incendiado;
- c. pelas chamas que saem pelas aberturas na fachada ou pela cobertura;
- d. pelas chamas desenvolvidas pela própria fachada, quando esta for composta por materiais combustíveis.

2) convecção, que ocorre quando os gases quentes emitidos pelas aberturas existentes na fachada ou pela cobertura do edifício incendiado atinjam a fachada do edifício adjacente;

3) condução, que ocorre quando as chamas da edificação ou parte da edificação contígua à outra atingem a essa transmitindo calor e incendiando a mesma. (CORPO DE BOMBEIROS DA POLÍCIA MILITAR DO ESTADO DE SÃO PAULO, 2011a, p.100)

A Norma Técnica 03/2009 do CBMES conceitua em seu item 4.339 que a propagação pela convecção é “decorrente de gases quentes emitidos pelas aberturas existentes na fachada ou pela cobertura da edificação incendiada, que atingem a fachada da outra edificação adjacente”. (CORPO DE BOMBEIROS MILITAR DO ESTADO DO ESPÍRITO SANTO, 2009, p.16)

De acordo com a IT nº 02/2011, item 8.1.2, uma das formas de propagação do incêndio para outras áreas da edificação pode ser

por convecção de gases quentes no interior da casa ou através do exterior, conforme as chamas saem pelas aberturas (portas e janelas) podem transferir fogo para o pavimento superior, quando este existir, principalmente através das janelas superiores. (CORPO DE BOMBEIROS DA POLÍCIA MILITAR DO ESTADO DE SÃO PAULO, 2011a, p. 96)

A partir dos conceitos normativos convém conhecer o posicionamento dos estudiosos do tema propagação de incêndio.

### 2.3.2 A propagação dos incêndios na ótica dos doutrinadores

Ao discorrer sobre a propagação do incêndio os autores portugueses Castro e Abrantes (2011) comentam que a energia libertada pelo incêndio pode se deslocar através da condução de calor, convecção, radiação e também pela projeção ou deslocamento de matéria sólida ou líquida em combustão.

A respeito dos fatores que propiciarão a propagação da fumaça e gases aquecidos para outros ambientes adjacentes ao incêndio aponta Ono (1998, p. 21) que são eles o

- a) efeito chaminé, em função da temperatura interna antes e durante o incêndio e a temperatura externa;
- b) condições meteorológicas, particularmente ventos;
- c) sistemas mecânicos de ventilação e ar condicionado.

Na mesma seara “a partir da ocorrência de inflamação generalizada no ambiente de origem do incêndio, este poderá propagar-se para outros ambientes do edifício ou para edifícios adjacentes”. (BERTO, 1998, p. 7)

Berto (1998, p. 7) prossegue comentando sobre os mecanismos de propagação, os quais se dão através da

- a) Convecção do calor dentro do próprio edifício;

- b) Convecção do calor através da fachada ou da cobertura, transferindo o fogo para pavimentos superiores ou para edifícios adjacentes;
- c) Condução de calor através dos elementos de vedação, internos e externos;
- d) Destruição dos elementos de vedação, internos e externos;
- e) Radiação térmica, transferindo o fogo dentro do edifício de origem ou para edifícios adjacentes.

Gamba Júnior (2001, p. 23) trata a propagação do calor gerado pelo incêndio como um processo de homeostase quando descreve que “tudo na natureza tende ao equilíbrio, o calor é transferido de objetos com temperatura mais alta para aqueles com temperatura mais baixa”.

A compartimentação visa impedir tanto a propagação horizontal quanto a vertical. (CORPO DE BOMBEIROS DA POLÍCIA MILITAR DO ESTADO DE SÃO PAULO, 2011f, p. 205)

As características arquitetônicas atuais tendem a apresentar edificações industriais com pavimento único e grande extensão horizontal e a forma mais usual de propagação do incêndio é através da convecção, que nos ensinamentos de Gamba Júnior (2001, p. 26) “a convecção é a propagação do calor pelo movimento da fumaça, gases, ar e materiais particulados incandescentes”.

Levando em consideração as condições arquitetônicas,

a propagação de um incêndio num edifício é condicionada pela compartimentação, disposição dos espaços e características dos elementos de construção (paredes, tectos, portas, pavimentos, etc.) e, ainda, pela relação de pressões, interior e exterior ao edifício. (CASTRO; ABRANTES, 2011, p. 68)

Seito (2008, p. 36) entende que a “convecção do calor é o mecanismo no qual a energia (calor) se transmite pela movimentação do meio fluído aquecido (líquido ou gás)”.

O desenvolvimento desse incêndio e sua propagação, seja na forma de radiação, condução ou propagação, podem ser influenciados pelos fatores de

- 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 de ventilação do ambiente.
- i) aberturas entre ambientes para a propagação do incêndio.
- j) projeto arquitetônico do ambiente e ou edifício.
- k) medidas de prevenção de incêndio existentes.
- l) medidas de proteção contra incêndio instaladas. (SEITO, 2008, p. 43)

Acrescenta-se nestes fatores a quantidade de energia desprendida por este material durante a combustão, tendo em vista sua composição química.

Não se pode eleger um fator como preponderante, pois todos irão influenciar diretamente na movimentação da fumaça e dos gases aquecidos que se desprenderam dos materiais em combustão, favorecendo ou inibindo a propagação para outros ambientes da edificação.

## **2.4 O movimento da fumaça e dos gases tóxicos em edificações industriais através do uso de lanternim**

### 2.4.1 Conceito de Lanternim

O pânico que afeta as pessoas a partir da percepção do incêndio provoca desorientação, que aliada à falta de um efetivo treinamento de evacuação do local, manutenção dos equipamentos preventivos contra incêndio e o deslocamento da fumaça, exigem soluções preventivas eficientes, sob pena de haver perda de vidas humanas e prejuízos econômicos. Neste aspecto Araújo (2008, p. 95, grifo nosso) destaca que

Entre as soluções contra esses fatores estão o sistema de iluminação de emergência eficiente e efetivo, sistemas de extinção e de supressão do fogo, a limitação na distância de percurso, controle dos materiais de acabamento, portas corta-fogo e resistentes à penetração de fumaça, **ventilação natural para auxiliar na extração de gases** e rotas de fuga desobstruídas, protegidas e bem sinalizadas, localização e capacidade adequadas para promover pronta evacuação dos ambientes pelos ocupantes.

Por isso que

os projetos de arquitetura das edificações precisam considerar a movimentação de fumaça dentro dos ambientes em caso de incêndio, e promover barreiras arquitetônicas e sistemas de extração de gases, além dos sistemas de proteção e combate. (ARAÚJO, 2008, p. 96)

Assim, é primordial conhecer o sistema de extração natural de fumaça para edificação industrial conforme proposição deste trabalho, contudo, o termo lanternim não é utilizado na engenharia de prevenção e proteção contra incêndio, sendo que o mais corriqueiro é utilizar o termo exaustor natural, denominação genérica para aberturas em telhados.

As normas brasileiras utilizam como termos sinônimos as expressões clarabóias, alçapão de alívio de fumaça, alçapão de tiragem, abertura de exaustão, janelas e venezianas para extração, etc.

Lanternim, segundo definição proposta pela Embrapa em seu site, consiste em

uma abertura na parte superior do telhado, indispensável para se conseguir adequada ventilação, pois, permite a renovação contínua do ar pelo processo de termossifão

resultando em ambiente confortável. Deve ser em duas águas, disposto longitudinalmente na cobertura. (EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISAS AGROPECUÁRIAS, 2011)

Para o site [www.dicio.com.br](http://www.dicio.com.br) lanternim é

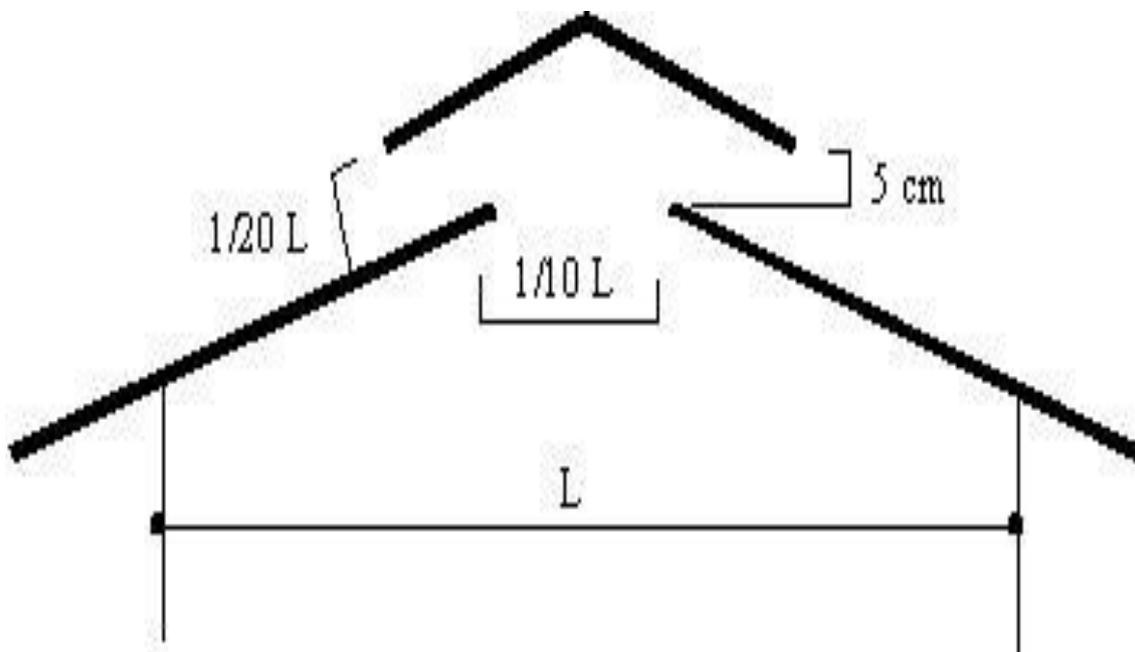
pequena torre com aberturas laterais, que se eleva sobre o telhado ou zimbório de um edifício, para ventilação e iluminação. Telhado menor, sobreposto na cumeeira de outro, em fábricas, oficinas ou galpões, para ventilação e iluminação.

Embora vários autores e normas de prevenção e proteção contra incêndio se utilizem de termos diversos, este tipo de exaustor natural tem por objetivo proporcionar um sistema de extração natural de fumaça, gases tóxicos e ar quente do ambiente, através ainda da previsão de um sistema natural de entrada de ar limpo.

#### 2.4.2 Modelos de Lanternim

A fim de contextualizar o assunto, a partir da definição do conceito de lanternim, colacionam-se abaixo modelos ilustrados que podem servir de exemplos a serem adotados como medida de segurança contra incêndio.

Figura 1 - Fachada frontal de um telhado com lanternim



Fonte: Embrapa (2011)

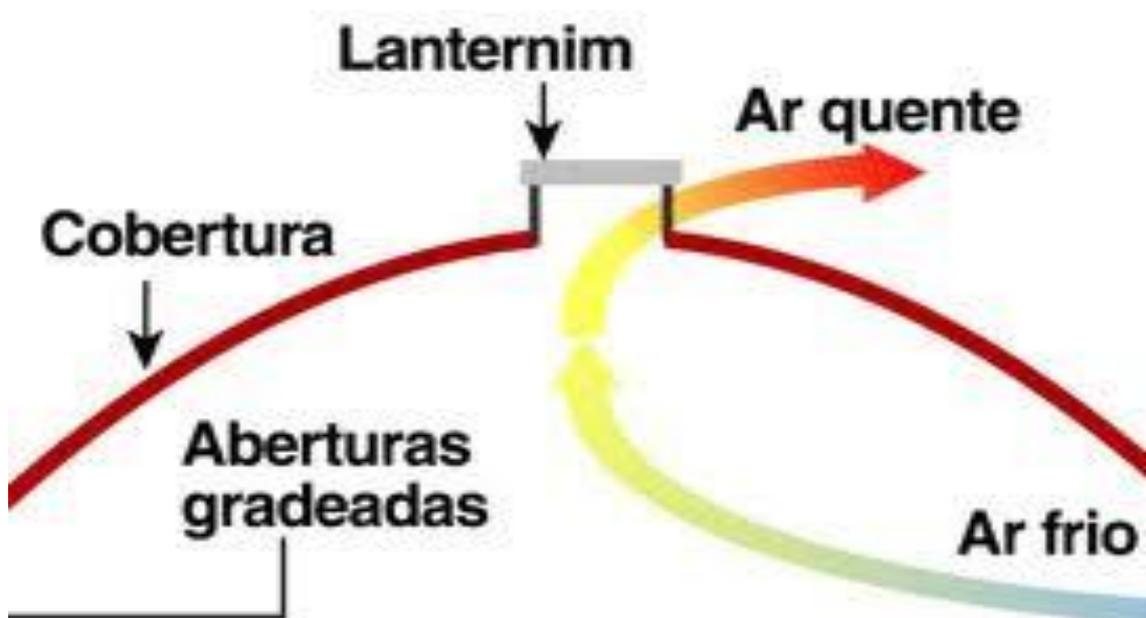
A figura 2 traz no alto, ao centro, detalhe interno de um galpão que utiliza o lanternim como sistema de ventilação e iluminação natural.

Figura 2 - Detalhe interno de lanternim em galpão industrial



Fonte: site <http://www.logismarket.ind.br> (2011)

Figura 3 - Ilustração do movimento do ar



Fonte: site <http://www.clicrbs.com.br> (2011)

As figuras a seguir demonstram o uso do lanternim em uma edificação utilizada como hangar do Batalhão Aéreo da Polícia Militar de Santa Catarina, situada no Aeroporto Internacional Hercílio Luz, em Florianópolis.

Tal edificação possui cobertura metálica e, portanto, absorve muito calor solar.

Figura 4 - Vista dos fundos do hangar do Batalhão Aéreo da Polícia Militar de Santa Catarina com utilização de lanternim



Fonte: do Autor

Figura 5 - Vista inferior do lanternim no hangar do Batalhão Aéreo da Polícia Militar de Santa Catarina



Fonte: do Autor

## 2.5. Sistema de controle de introdução de ar e extração de fumaça sob a perspectiva doutrinária

Um sistema de ventilação, seja ele natural ou forçado, requer além de dispositivos para extração da fumaça e dos gases tóxicos, dispositivos para a entrada de ar e barreiras de contenção da fumaça.

O sistema para a ventilação natural de uma edificação nasce no projeto e requer que o dimensionamento seja adotado em função dos aspectos construtivos, porém, outros aspectos devem ser levados em consideração, tais como a direção predominante dos ventos na região, a carga de incêndio que será agregada àquela edificação, o controle dos materiais combustíveis e a sua disposição no interior do prédio.

A fumaça e os gases tóxicos oriundos do incêndio acabam se deslocando e tal movimento, nos ensinamentos de Seito e Berto (1998, p. 386) decorre dos seguintes fatores:

- força de flutuação da própria fumaça;
- diferença de pressão causada pelas condições atmosféricas, ou seja, vento e alterações de temperatura interna e externa;
- diferença de pressão causada pela variação de temperatura entre os distintos ambientes do edifício; [...]

A temperatura elevada dos gases causa um movimento ascendente, devido à baixa densidade, e os induz à mistura com o ar ambiente, em um processo conhecido como arrastamento. (CORPO DE BOMBEIROS DA POLÍCIA MILITAR DO ESTADO DE SÃO PAULO, 2011a, p. 97)

No entendimento dos estudiosos portugueses Castro e Abrantes (2011, p. 71) quando tratam da movimentação da fumaça, estes asseveram que

O fumo e gases quentes, no seu movimento horizontal junto ao tecto, vão arrefecendo, reduzindo de velocidade e diluindo-se no ar. A camada de fumo e gases aumentará de espessura à medida que se afasta da vertical do foco de incêndio. Essa camada, ao atingir uma parede, tende a deslocar-se para baixo e arrefecerá.

Nesse sentido, o ar aquecido de um ambiente, juntamente com o aquecimento dos gases despreendidos da combustão dos materiais neste local, produzirá um aumento de volume e de pressão que forçará seu deslocamento em todas as direções até encontrar uma barreira física que impeça sua trajetória.

Caso não exista essa barreira, essa compartimentação, haverá a propagação do incêndio.

Sobre o tema Falcão (1995, p. 254) descreve

Quando o ar ou outro qualquer gás é aquecido, verifica-se um aumento no seu volume, na sua pressão, ou no volume e pressão. Para cada aumento de temperatura de 226 graus centígrados, o volume se duplica, ou, se o gás for confinado, a pressão aumenta na mesma proporção.

As consequências do aumento de volume e da pressão dos gases, para Castro e Abrantes (2011, p. 48) é no sentido de que

A pressão dos gases resultantes de um incêndio num compartimento fechado pode, portanto, ser significativa em toda a sua envolvente, se não existirem condições para o escape desses gases para o exterior. Essa subida de pressão poderá provocar a destruição dos elementos mais frágeis, como os vidros de janelas desse compartimento.

Discorrendo a respeito do tema Barcelos (2001, p. 18) entende que

O calor, a fumaça e os gases tendem a se ascender dentro de uma área incendiada através do processo de convecção dos gases, depositando-se no ponto mais alto. Porém ao preencherem as áreas mais altas, pelas barreiras estruturais da edificação (teto, paredes), tendem a ocupar todo o ambiente, tomando-o de fumaça, vindo a se espalharem lateralmente para outras áreas da estrutura da edificação.

E a seguir conclui

A ventilação adequada de um incêndio reduz a possibilidade deste ser tomado pela expansão da fumaça, uma vez que faz com que os gases ascendentes sejam expulsos do ambiente, através do princípio da convecção, onde estes, por serem mais leves que o ar, tendem a subir. (BARCELOS, 2001, p. 18)

Na sua dissertação sobre a ventilação natural por efeito chaminé em edificações industriais para fins de conforto térmico, Chiarello (2006, p. 15) retrata que “o fluxo de ar que entra ou sai depende basicamente da diferença de pressão do ar entre os ambientes internos e externos”.

Já Cunha e Martinelli Jr (2008, p. 262) asseveram que o deslocamento do ar dentro de uma edificação, desde a entrada até sua exaustão, depende dos seguintes fatores

- A diferença de temperatura entre o ar e os gases quentes dentro e fora do edifício.
- A diferença da altura entre a entrada de ar e as aberturas de exaustão.
- A convecção do calor ascendente.
- A velocidade e direção do vento.

Essa diferença de pressão pode ser causada pela ação do vento, pela diferença de densidade do ar, esta por sua vez ocasionada pela diferença de temperatura entre o ar interno e externo ou, ainda, da combinação dos dois efeitos. (CHIARELLO, 2006)

No entendimento de Gamba Júnior (2001, p. 83), os fatores que podem influenciar no movimento da fumaça e dos gases quentes do incêndio são

- a expansão dos gases decorrentes das altas temperaturas do incêndio;
- o efeito chaminé;
- a influência da força do vento exterior;
- o movimento do ar forçado no interior do edifício.

Tais fatores, nos ensinamentos de Ono (1998, p. 22), “causam diferenças de pressão entre ambientes que podem resultar na propagação da fumaça”.

Assim, os ventos, de acordo com a sua intensidade, provocam a movimentação do ar dentro do ambiente, chamado então de ação do vento. Já a diferença da temperatura interna e externa provoca o efeito chaminé. (CHIARELLO, 2006)

Discorrendo sobre o movimento da fumaça e dos gases aquecidos Seito (2008, p. 41) analisa que

- Num incêndio, as altas temperaturas geradas pela queima dos gases formarão fluxos de grande força de flutuação motivada pela diferença das densidades dos gases quentes e o ar atmosférico. Elas criam diferenças de pressão, que embora sejam pequenas em valores absolutos, são responsáveis pela introdução do ar na base do fogo e pela expulsão da chama e gases quentes de locais confinados.

Em decorrência, há uma velocidade que atuará no arrastamento da fumaça a qual pode

- se deslocar de forma lateral a uma velocidade superior a 2m/s, podendo ser mais veloz que a velocidade de escape de um ocupante, que em média, caminha a uma velocidade de 1-2m/s. Uma vez que a fumaça preenche o espaço do teto da edificação, ela começará a se espalhar para baixo. A razão com que isso ocorre varia significativamente, dependendo da natureza dos combustíveis e da geometria da edificação. (CUNHA; MARTINELLI JR, 2008, p.269)

A ilustração abaixo demonstra o comportamento de um ambiente carregado de fumaça e gases aquecidos, primeiramente um incêndio sem ventilação e posteriormente um incêndio com sistema de exaustão de fumaça.

Figura 6 : Ilustração de ambientes enfumaçados, sem ventilação e com ventilação



Fonte: Corpo de Bombeiros Militar do Distrito Federal (2009)

O ar quando aquecido tem sua densidade reduzida e flutuará para as partes mais altas do ambiente, ficando sobre o ar mais frio, sendo que a partir deste ponto começará a se propagar em todas as direções, caso não possua sistema para exaustão. (CUNHA; MARTINELLI JR, 2008, p. 262)

A prof<sup>a</sup> Ono (1998) ressalta que duas medidas construtivas devem se combinar a fim de servirem como sistema natural para o controle de fumaça, a saber: aberturas para exaustão natural da fumaça e barreiras que irão funcionar como contenção da propagação do incêndio.

O ar, fumaça e gases aquecidos sobem ao teto da edificação num movimento ascendente, com forma aproximada de um cone invertido, “assim, os gases quentes vão-se acumulando junto ao tecto na vertical do foco de incêndio e, à medida que a sua produção aumenta, espalham-se radialmente na horizontal por toda a camada superior”. (CASTRO; ABRANTES, 2011, p. 71)

Para o sistema de controle do movimento natural da fumaça ter efetividade Ono (1998, p. 23) prossegue ensinando que “as aberturas para exaustão natural da fumaça devem estar localizadas próximas à região onde a fumaça tende a se acumular, portanto, rente ao teto”.

Ao discorrerem sobre o funcionamento da ventilação natural de extração Cunha e Martinelli Jr (2008, p. 263) destacam a respeito da extração

Na vizinhança de grandes fontes de calor, como incêndios, a coluna ascendente acelera enquanto se eleva, assim como um corpo pesado acelera enquanto cai. A velocidade em que um ar sobe dependerá da:

- Altura acima da fonte de calor.
- Diferença da temperatura entre o ar quente e o ar adjacente.

Cunha e Martinelli Jr (2008, p. 263) concluem a seguir

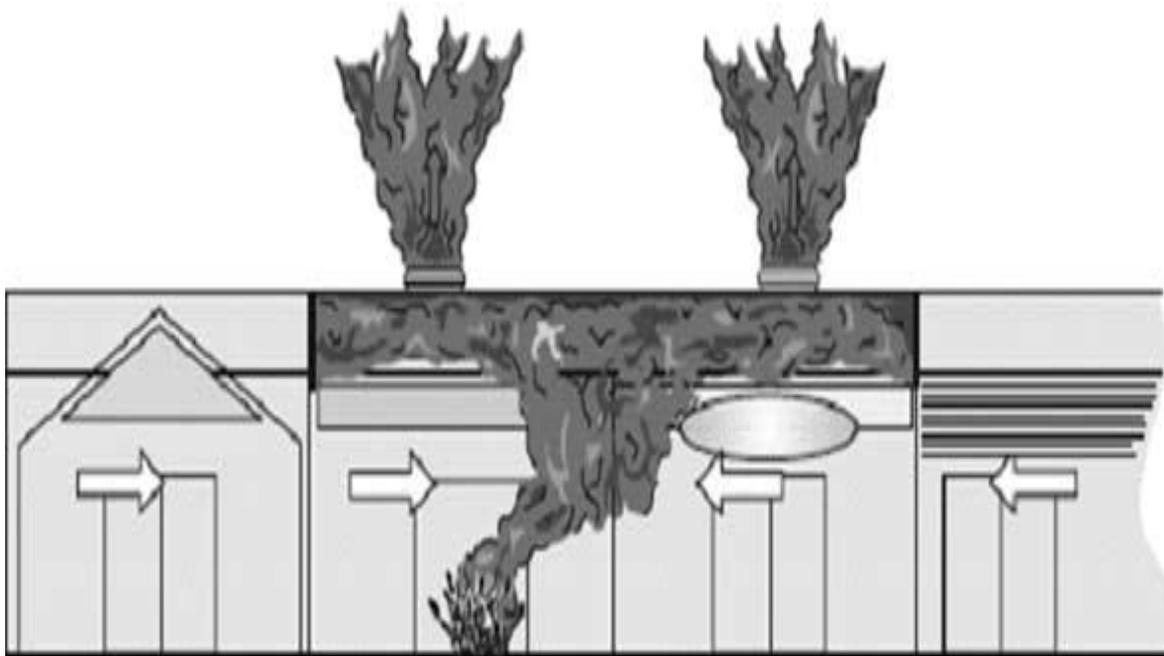
podemos usar a fluabilidade natural do ar aquecido como força de um sistema natural de ventilação criando aberturas no edifício, tanto no alto como no nível baixo. O ar quente flutuante sairá pela abertura no nível alto e será repostado por ar frio entrando pela abertura no nível baixo. (CUNHA; MARTINELLI JR, 2008, p. 263)

Sabendo que a fumaça e os gases quentes do incêndio tem movimento inicial ascendente, o projeto preventivo deve contemplar um sistema de controle cujos componentes permitam a entrada de ar fresco e a saída de ar aquecido.

Ao falar sobre a ventilação natural em shopping center Cunha e Martinelli (2008, p. 266) retratam que

Ao utilizar a ventilação para o controle da fumaça e barreiras de fumaça, por exemplo cortinas contra fumaça que descem do teto, a camada de fumaça é contida acima de uma altura pré-calculada (normalmente 3m acima do piso) e é extraída de forma natural...

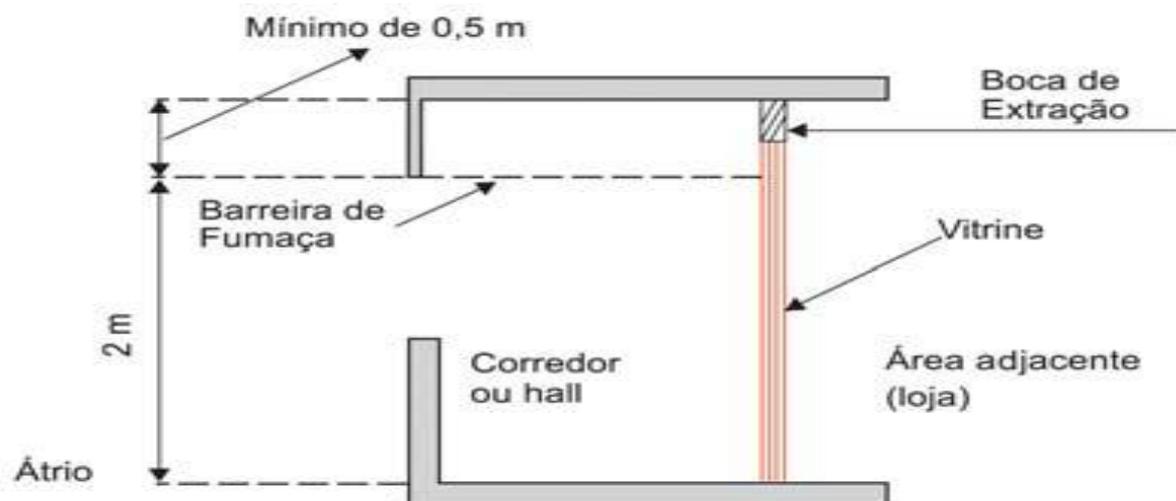
Figura 7: Sistema de ventilação com barreiras de contenção de fumaça



Fonte: Cunha e Martinelli (2008, p. 266)

O exemplo acima contempla o sistema de introdução de ar limpo e extração natural do ar com o uso de barreiras para contenção da fumaça. A seguir um detalhe em corte da referida barreira.

Figura 8 : Detalhe de barreira de fumaça



Fonte: Corpo de Bombeiros da Polícia Militar do Estado de São Paulo (2011)

### 2.5.1 O efeito chaminé

O efeito chaminé tem especial importância nos incêndios ocorridos em edificações verticais, conforme ensinam Castro e Abrantes (2011, p. 73) quando comentam que “este efeito, que se verifica em menor grau mesmo que não exista um incêndio, é tanto mais importante quanto maior for a altura do edifício”.

Isso não quer dizer que não existirá o efeito chaminé em edificações baixas, pois se houver diferença de temperatura entre o interior e o exterior da edificação, bem como correntes de ar e aberturas no teto haverá condições para se estabelecer o efeito chaminé durante um incêndio.

O funcionamento do sistema de extração natural de fumaça se dá através da troca de ar aquecido, fumaça e gases tóxicos do ambiente incendiado, os quais ascenderão por terem densidade menor que o ar frio que entra na edificação.

Isso ocorre devido ao calor que é produzido durante a combustão dos materiais combustíveis, as pressões decorrentes do incêndio e a formação do movimento de convecção. (GAMBA JR, 2001)

Em excelente trabalho dissertativo Juliana Ana Chiarello (2006, p. 79) faz um estudo e ensaios através de um modelo reduzido de pavilhão industrial acerca da ventilação natural por efeito chaminé, onde “confirma que o sistema de ventilação natural por efeito chaminé está de fato funcionando, ou seja, o ar frio entra no modelo, resfriando o ambiente, e o ar quente sai pelo exaustor de cumeeira”.

Conclui a seguir que “os ensaios confirmaram o incremento de vazão de ventilação, indicado pelos modelos teóricos, quando as áreas das aberturas de entrada e saída de ar não são iguais.” (CHIARELLO, 2006, p. 86)

Dissertando a respeito do tema tiragem e ventilação, Falcão (1995, p. 245) entende que

Quando se trata de incêndio em edifício, formando circuito fechado, a circulação ou direção da tiragem fica dependente das disposições de entrada de ar ou ventilação desses edifícios, isto é, das portas, janelas, bordas destas peças, fendas das paredes, espaços ociosos nos tetos e outras aberturas de comunicações com o exterior.

No mesmo sentido ensinam Cunha e Martinelli Jr (2008, p. 273) ao discorrerem que “Basicamente, um fornecimento de ar de entrada criará um ‘efeito chaminé’ na edificação, permitindo um fluxo uniforme de circulação de ar”.

A IT 15, parte 2, do CBMSP conceitua o efeito chaminé como sendo um “fluxo de ar vertical dentro das edificações, causado pela diferença de temperatura interna e externa.” (CORPO DE BOMBEIROS DA POLÍCIA MILITAR DO ESTADO DE SÃO PAULO, 2011d)

Discorrendo sobre o tema arquitetura e urbanismo Ono, Valentim e Venezia (2008, p. 131) abordam as características dos edifícios altos e de lá se extrai o conceito do efeito chaminé, como sendo o “fenômeno resultante da existência de aberturas verticais internas como escadas, dutos de serviço, dutos de elevadores e que pode arrastar o calor, fumaça e gases quentes pelos pavimentos por convecção”.

Para Chiarello (2006, p. 15) o efeito chaminé é decorrente da diferença de temperatura do ar interno e externo.

Acerca da ventilação natural, “em tempo calmo, sem vento, é o efeito chaminé o único responsável pela renovação do ar dos edifícios não dotados de sistemas mecânicos de ventilação.” (CHIARELLO, 2006, p. 28)

Na sequência da sua linha de pensamento Chiarello (2006, p. 28) enfatiza que “quando a temperatura interna é maior que a externa, o ar externo, mais frio, ingressa na edificação através das aberturas mais baixas e o ar interno, mais quente, sai pelas aberturas mais elevadas” no denominado processo de convecção natural do ar, fumaça e gases tóxicos produzidos pelo incêndio.

Do exposto se infere que o efeito chaminé é um dos agentes propagadores dos incêndios verticais e, no caso de edificações industriais, cuja característica arquitetônica sinaliza para grandes edificações e baixa altura, pode ser um fator positivo, pois proporcionará

a movimentação ascendente da pluma de fumaça e conseqüentemente a sua extração do ambiente por meio do lanternim.

## **2.6 Sistema de controle de introdução de ar e extração de fumaça sob a perspectiva das normas de segurança**

Conhecido o lanternim, uma das partes do sistema de exaustão natural de fumaça e gases tóxicos, se faz necessário estudar os demais componentes do sistema para controle de fumaça.

O Manual de Combate a Incêndio do Corpo de Bombeiros Militar do Distrito Federal (CBMDF) preconiza que “A ventilação natural é o aproveitamento racional dos deslocamentos dos gases em prol da operação de combate a incêndio, podendo ser HORIZONTAL ou VERTICAL”. (CORPO DE BOMBEIROS MILITAR DO DISTRITO FEDERAL, 2009, p. 198)

Os fatores que irão influenciar a movimentação da fumaça e dos gases quentes durante uma combustão são

O empuxo.

A sobrepressão no compartimento incendiado.

A pressão negativa em corredores e escadas.

A direção do vento. (CORPO DE BOMBEIROS MILITAR DO DISTRITO FEDERAL, 2009, p. 198)

O Manual de Combate a Incêndio do CBMDF retrata que

Os gases aquecidos da fumaça têm densidade menor que o ar ambiente, e, portanto, sofrem empuxo e sobem. A sobrepressão é proveniente do aumento do volume dos gases aquecidos. Devido à sobrepressão, a fumaça acumulada sai do compartimento por qualquer abertura, mesmo que seja baixa. (CORPO DE BOMBEIROS MILITAR DO DISTRITO FEDERAL, 2009, p. 198)

Nesse sentido, a previsão de um sistema de entrada de ar e saída da fumaça em uma edificação pode proporcionar um fator de retardamento das conseqüências do incêndio.

O Estado de Santa Catarina carece de uma norma que regulamente, de forma abrangente, o controle do movimento da fumaça e dos gases tóxicos através do uso da ventilação, seja ela natural ou forçada, assim como o Rio Grande do Sul e o Rio de Janeiro.

Vários Estados brasileiros possuem em suas legislações de segurança contra incêndio a previsão do controle do movimento da fumaça como sistema preventivo, no entanto, poucos baixaram normas técnicas específicas que tratam da ventilação, tais como São Paulo, Paraná e Goiás.

O Distrito Federal e os Estados de Minas Gerais e Espírito Santo, por exemplo, possuem em seus Decretos a previsão de um sistema de controle do movimento da fumaça, porém, ainda não baixaram normas complementares específicas.

A seguir será exposta a forma de abordagem do sistema de ventilação natural nos Estados de São Paulo, Paraná e Goiás.

### 2.6.1 Sistema de ventilação natural no Estado de São Paulo

O Estado de São Paulo atualmente é regido pelas normas de segurança contra incêndio constantes no Decreto nº 56.819, de 10 de março de 2011, cujos critérios adotados para a classificação das edificações e áreas de risco, segundo o art. 23 do Decreto supra, dizem respeito à ocupação, a altura e a carga de incêndio (SÃO PAULO, 2011)

I – quanto à ocupação: de acordo com a tabela 1 em anexo.

II – quanto à altura: de acordo com a tabela 2 em anexo.

III – quanto à carga de incêndio: de acordo com a tabela 3 em anexo.(SÃO PAULO, 2011.)

A tabela 3 a seguir (tabela 1 do Decreto supra) classifica quanto à ocupação.

Tabela 3: Classificação das edificações quanto à ocupação

Grupo	Ocupação/Uso	Divisão	Descrição	Exemplos
I	Indústria	I-1	Locais onde as atividades exercidas e os materiais utilizados apresentam baixo potencial de incêndio. Locais onde a carga de incêndio não chega a 300MJ/m <sup>2</sup>	Atividades que utilizam pequenas quantidades de materiais combustíveis. Aço, aparelhos de rádio e som, armas, artigos de metal, gesso, esculturas de pedra, ferramentas, jóias, relógios, sabão, serralheria, suco de frutas, louças, máquinas
		I-2	Locais onde as atividades exercidas e os materiais utilizados apresentam médio potencial de incêndio. Locais com carga de incêndio entre 300 a 1.200MJ/m <sup>2</sup>	Artigos de vidro, automóveis, bebidas destiladas, instrumentos musicais, móveis, alimentos, marcenarias, fábricas de caixas
		I-3	Locais onde há alto risco de incêndio. Locais com carga de incêndio superior a 1.200 MJ/m <sup>2</sup>	Atividades industriais que envolvam inflamáveis, materiais oxidantes, ceras, espuma sintética, grãos, tintas, borracha, processamento de lixo

Fonte: São Paulo (2011)

Quanto à altura, dispõe a legislação em apreço, conforme tabela 4 abaixo transcrita.

Tabela 4 - Classificação das edificações quanto à altura

Tipo	Denominação	Altura
I	Edificação Térrea	Um pavimento
II	Edificação Baixa	$H \leq 6,00$ m
III	Edificação de Baixa-Média Altura	$6,00 \text{ m} < H \leq 12,00$ m
IV	Edificação de Média Altura	$12,00 \text{ m} < H \leq 23,00$ m
V	Edificação Mediamente Alta	$23,00 \text{ m} < H \leq 30,00$ m
VI	Edificação Alta	Acima de 30,00 m

Fonte: São Paulo (2011)

A terceira classificação das edificações e áreas de risco para fins de dimensionamento dos sistemas preventivos da norma paulista em comento é objeto de estudo específico deste trabalho e se encontra no Capítulo 3, carga de incêndio, sendo um desdobramento do item Descrição na tabela 3 citada acima.

Analisando o que estipula o Decreto paulista, tabelas 6I-1 e 6I-2, tem-se em resumo que as edificações industriais deverão ter sistema de controle de fumaça se atendidas as seguintes condições:

- Grupo I-1: área superior a 750m<sup>2</sup>, carga de incêndio de baixo risco e altura superior a 60m;
- Grupo I-2: área superior a 750m<sup>2</sup>, carga de incêndio de médio risco e altura superior a 60m;
- Grupo I-3: área superior a 750m<sup>2</sup>, carga de incêndio com alto risco e altura superior a 30m. (SÃO PAULO, 2011)

A partir das exigências acima e atendendo o art. 24, VIII do referido Decreto, que propõe o controle da fumaça como uma das medidas de segurança contra incêndio, o CBMSP adotou a IT nº 15/2011 para o controle do movimento da fumaça, sendo que a IT nº 15/2011, parte 3, fixa os requisitos a serem atendidos pelas indústrias. (CORPO DE BOMBEIROS DA POLÍCIA MILITAR DO ESTADO DE SÃO PAULO, 2011e)

Os componentes de um sistema para o controle da fumaça através da extração natural, de acordo com a IT nº 15, Parte 2, do CBMSP, são

#### 8.1.1 Sistema de extração natural

a. Entrada de ar, que pode ser por:

- 1) Aberturas de entrada localizadas nas fachadas e acantonamentos adjacentes;
- 2) Pelas portas dos locais a extrair fumaça, localizadas nas fachadas e acantonamentos adjacentes;
- 3) Pelos vãos das escadas abertas;
- 4) Abertura de ar por insuflação mecânica por meio de grelhas e venezianas.

b. Extração de fumaça, que pode ser pelos seguintes dispositivos:

1) Exaustores naturais, que são:

a. abertura ou vão de extração;

b. janela e veneziana de extração;

c. grelhas ligadas a dutos;

d. clarabóia ou alçapão de extração;

e. poços ingleses;

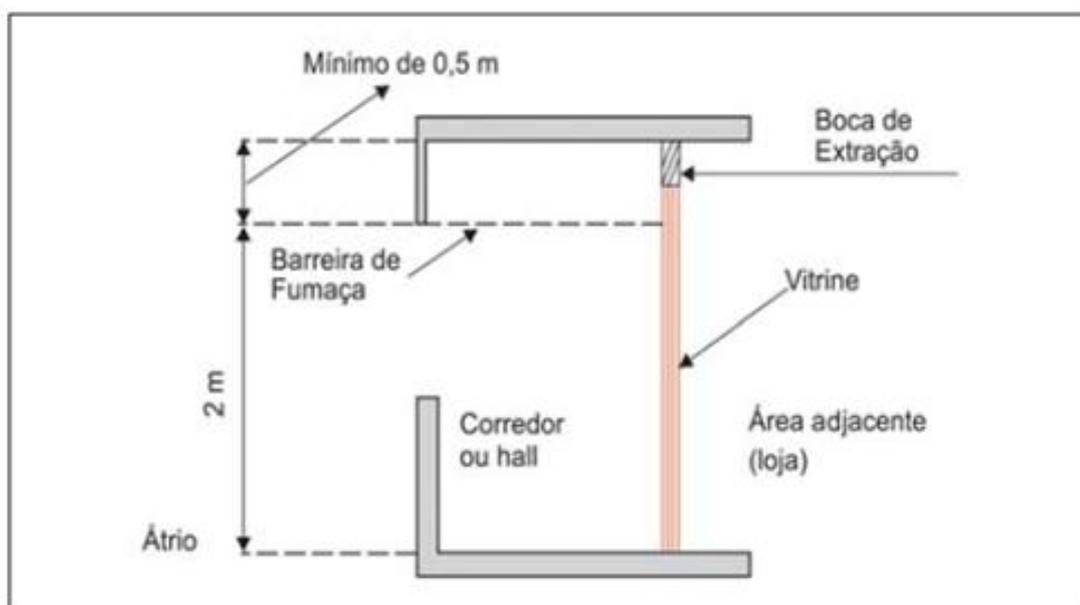
f. dutos e peças especiais;

g. registros corta-fogo e fumaça;

h. mecanismos elétricos, pneumáticos e mecânicos de acionamento dos dispositivos de extração de fumaça. (CORPO DE BOMBEIROS DA POLÍCIA MILITAR DO ESTADO DE SÃO PAULO, 2011d)

Além dos componentes para entrada de ar e saída da fumaça a norma paulista exige a instalação de barreiras de fumaça, cuja definição contida na IT nº 15, parte 2, é “elemento vertical de separação montado no teto, com altura mínima e características de resistência ao fogo, que previna a propagação horizontal de fumaça de um espaço para outro” (CORPO DE BOMBEIROS DA POLÍCIA MILITAR DO ESTADO DE SÃO PAULO, 2011d)

Figura 9: Detalhe de barreira de fumaça - corte



Fonte: Corpo de Bombeiros da Polícia Militar do Estado de São Paulo (2011)

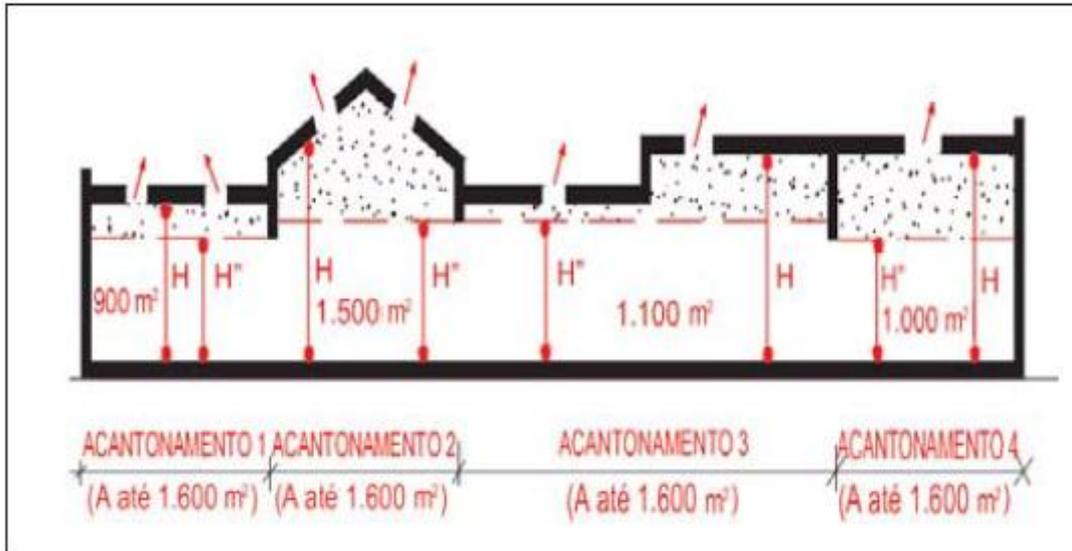
Outro componente do sistema é o Acantonamento, cujo conceito nos dá a ideia de um “volume livre compreendido entre o chão e o teto/ telhado, ou falso teto, delimitado por painéis de fumaça” (CORPO DE BOMBEIROS DA POLÍCIA MILITAR DO ESTADO DE SÃO PAULO, 2011d)

Tal previsão, de acordo com a IT nº 15, parte 3, se faz necessário quando

9.8.1.1 Nas edificações térreas que possuam áreas que necessitam de sistema de controle de fumaça, estas devem ser divididas em acantonamentos com uma

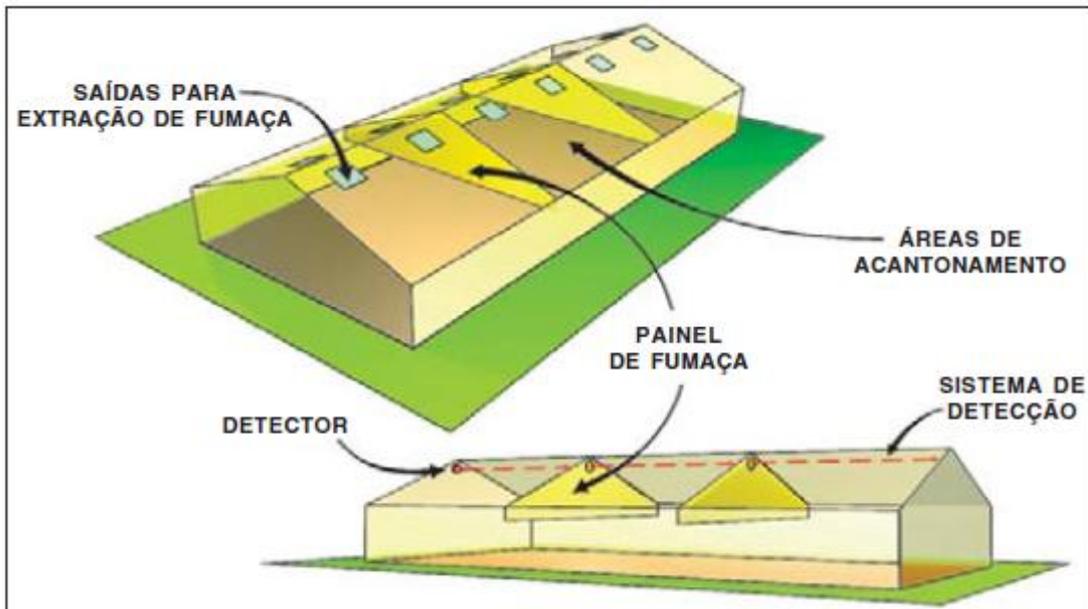
superfície máxima de 1.600 m<sup>2</sup>. (CORPO DE BOMBEIROS DA POLÍCIA MILITAR DO ESTADO DE SÃO PAULO, 2011e)

Figura 10 : Altura de referência diversificada por acantonamento



Fonte: Corpo de Bombeiros da Polícia Militar do Estado de São Paulo (2011)

Figura 11: Acantonamento



Fonte: Corpo de Bombeiros da Polícia Militar do Estado de São Paulo (2011)

Exige ainda a IT nº 15/2011, parte 3, que o comprimento máximo de um dos lados da área de acantonamento não deve ultrapassar 60 metros. (CORPO DE BOMBEIROS DA POLÍCIA MILITAR DO ESTADO DE SÃO PAULO, 2011e)

Uma interpretação sistemática leva a conclusão que, em se tratando de uma área de 1.600m<sup>2</sup>, tendo um dos lados 60 metros, o outro lado da edificação não poderá ultrapassar

26 metros, aproximadamente. Com isso se obedece a um caminamento máximo de 30 metros até a saída de emergência mais próxima.

Em relação às edificações industriais com risco elevado de incêndio e até 6 metros de altura, podem ter área máxima compartimentada de 5.000m<sup>2</sup> e edificações com altura entre 6 e 12 metros a área a ser compartimentada diminui para 3.000m<sup>2</sup>. (CORPO DE BOMBEIROS DA POLÍCIA MILITAR DO ESTADO DE SÃO PAULO, 2011f)

Assim, a implementação dos sistemas de controle da fumaça e compartimentação deverão ser compatibilizados a fim de atender as duas Instruções Técnicas.

#### 2.6.2 Sistema de ventilação natural no Estado do Paraná

Já o Estado do Paraná tem suas normas de segurança contra incêndio estabelecidas no Código de Segurança contra Incêndio e Pânico (CSCIP), que por sua vez regulamenta a Lei Estadual nº 16.575 de 28 de setembro de 2010.

Dispõe o CSCIP, art 22, que as edificações e áreas de risco serão classificadas de acordo com os seguintes parâmetros:

I - quanto à ocupação: de acordo com a tabela 1 em anexo.

II - quanto à altura: de acordo com a tabela 2 em anexo.

III - quanto à carga de incêndio: de acordo com a tabela 3 em anexo. (PARANÁ, 2010)

O referido Código traz em seu art. 23 as medidas de segurança contra incêndio nesses locais, contemplando no inciso VIII o controle do movimento da fumaça. (PARANÁ, 2010)

A tabela 1 do CSCIP classifica as edificações e áreas de risco quanto à ocupação, trazendo no Grupo I as indústrias, subdivididas em I-1, I-2 e I-3, que em nada difere da norma paulista de controle da fumaça. (PARANÁ, 2010)

A tabela 2 classifica a edificação quanto a altura e traz os mesmos parâmetros da norma de São Paulo. (PARANÁ, 2010)

A tabela 3 traz a classificação das edificações quanto a carga de incêndio, estabelecendo os mesmo critérios da norma paulista, com a ressalva da nomenclatura, a qual adota os Riscos Leve, Moderado e Elevado correspondentes aos sinônimos de Baixo, Médio e Alto. (PARANÁ, 2010)

Assim, analisando as tabelas do Código de Segurança paranaense tem-se que edificações industriais a serem contempladas com o sistema de controle de fumaça deverão atender os seguintes critérios:

- Grupo I-1: Risco leve, área superior a 1500m<sup>2</sup> e altura superior a 60 metros;
- Grupo I-2: Risco moderado, área superior a 1000m<sup>2</sup> e altura superior a 60 metros;
- Grupo I-3: Risco elevado, área superior a 1000m<sup>2</sup> e altura superior a 30 metros.

Quanto a carga de incêndio, os três Estados apontados neste estudo adotam os mesmos critérios, conforme citado na tabela 3. (PARANÁ, 2010)

As Normas de Procedimento Técnico (NPT) nº 15/2011, partes 1 à 8, definem os requisitos a serem atendidos para a consecução do sistema de controle da fumaça das edificações em geral.

Tratando-se especificamente de tal sistema em edificações industriais tem-se a NPT nº 15/2011, parte 3, que em nada difere das instruções técnicas adotadas pelo Corpo de Bombeiros Militar de São Paulo. (CORPO DE BOMBEIROS MILITAR DO PARANÁ, 2012c)

### 2.6.3 Sistema de ventilação natural no Estado de Goiás

Para o Estado de Goiás os sistemas preventivos a serem exigidos nas edificações constam na Lei nº 15.802, de 11 de setembro de 2006, a qual Instituiu o Código Estadual de Proteção contra Incêndio, Explosão, Pânico e Desastres.

Dispõe a referida Lei que a classificação das edificações deverá atender o art. 4º e observar os critérios de “[...] ocupação, carga de incêndio, altura e área construída”. (GOIÁS, 2006)

A previsão do controle da fumaça como sistema de proteção consta no art. 10, VIII, e deve atender os seguintes requisitos, conforme tabela 5I.2 do Decreto supra:

- área construída superior a 750m<sup>2</sup>;
- altura superior a 12 metros;
- ocupação de natureza industrial; e
- carga de incêndio de risco alto (acima de 1.200 MJ/m<sup>2</sup>). (GOIÁS, 2006)

Por sua vez, a exigência normativa para o controle do movimento da fumaça em edificações industriais consta na NT nº 15/2007, parte 3, cuja norma é exatamente igual à IT

adotada pelo CBMSP, não sendo necessário discorrer a respeito, pois tudo o que foi tratado no sub capítulo 2.6.2 se aplica a este sub capítulo.

Destaca-se que não há Norma Brasileira (NBR) que trate do assunto de maneira específica, sendo que a NBR 9077:2001 e 14880:2002 tratam, respectivamente, de saídas de emergência e controle do movimento da fumaça em saídas de emergência, com ênfase em saídas verticais (escadas).

Pelo exposto, os requisitos gerais da ventilação natural como sistema de controle do movimento da fumaça serão abordados na sequência deste trabalho.

## **2.7 Requisitos gerais do sistema de ventilação natural**

Fazendo um estudo comparado das normas estaduais acima descritas percebe-se que os requisitos exigidos pelo sistema preventivo em concreto são iguais ou muito semelhantes.

Diante da análise do que foi estudado chega-se a conclusão que os requisitos a serem atendidos na consecução de um projeto preventivo em edificação industrial que contenha a ventilação natural devem contemplar, genericamente:

- sistema de introdução natural de ar externo;
- existência de aberturas para extração natural (lanternim);
- compartimentação horizontal e vertical, se for o caso;
- acantonamentos;
- painéis e barreiras de fumaça.

Conforme visto acima, o sistema de ventilação natural funciona basicamente pela introdução de ar do ambiente externo e, devido a diferença de pressão e a existência de aberturas no telhado da edificação (lanternim), pela extração da fumaça e dos gases aquecidos da combustão.

A eficiência do sistema está diretamente ligada à existência de áreas compartimentadas, evitando-se com isso a rápida propagação do fogo, da fumaça e dos gases aquecidos. Assim, espaços estanques tem a possibilidade de retardar o caminho do fogo e, por conseguinte, a inundação de outros espaços com fumaça e gases da combustão, desde que o sistema de ventilação natural seja dimensionado corretamente.

Outro fator de contenção da fumaça é a previsão de acantonamento, isto é, de uma área livre delimitada por painéis de fumaça, com vão livre entre o teto e o piso, segundo

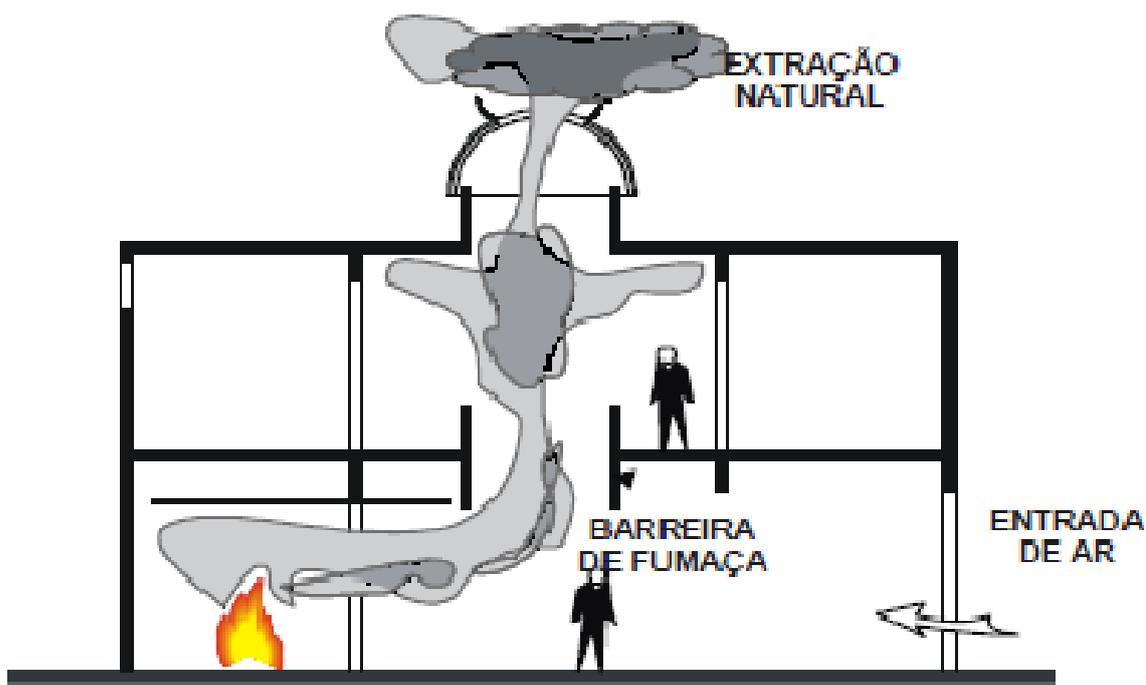
definição da IT nº 15/2011, 2ª parte. (CORPO DE BOMBEIROS DA POLÍCIA MILITAR DO ESTADO DE SÃO PAULO, 2011d)

As barreiras de fumaça são elementos construtivos incorporados à edificação, incombustíveis, que limitam a propagação da fumaça a partir da formação da pluma de fumaça no teto, propiciando sua extração pelo lanternim antes de sua movimentação por outros espaços.

Como exemplo do sistema de extração natural com uso de barreira de fumaça é apresentado pela NPT 15, parte 3 do Corpo de Bombeiros Militar do Estado do Paraná (2012c), a qual define

O controle de fumaça por extração natural é realizado por meio da introdução do ar externo e extração de fumaça, seja diretamente, seja por meio de dutos para o exterior, disposto para assegurar a ventilação do local.

Figura 12 : Exemplo de controle de fumaça por extração natural e entrada de ar natural



Fonte: Corpo de Bombeiros Militar do Estado do Paraná (2012)

Visto os fatores genéricos que devem nortear a implantação do sistema de ventilação natural através do uso de lanternim como controle do movimento da fumaça e dos gases tóxicos, a seguir vem a utilização da ventilação natural segundo algumas normas de segurança contra incêndio.

### **3 A VENTILAÇÃO NATURAL COMO SISTEMA PREVENTIVO CONTRA INCÊNDIO, SEGUNDO AS NORMAS BRASILEIRAS**

As atividades de segurança contra incêndio vêm ganhando novo enfoque, principalmente a partir do início deste novo século.

Os grandes eventos esportivos mundiais que se avizinham no Brasil, quais sejam a Copa do Mundo de Futebol em 2014 e as Olimpíadas em 2016 devem contribuir para o fortalecimento da mudança cultural acerca da prevenção e proteção contra incêndio, principalmente no tocante a mudança de atitude por parte da população em geral quanto ao treinamento para evacuação de locais que apresentem riscos de incêndio.

Entretanto, o Brasil ainda é carente no que se refere à produção de normas relativas aos incêndios, pois inexistente um código nacional de segurança contra incêndio. Nesse ínterim, os Estados legislam paralelamente e cada um produz suas normas conforme suas necessidades próprias.

Portanto, se por um lado há faculdade legislativa na instituição de normas correlatas nos Estados, por outro não há padronização de exigências, fazendo com que os profissionais que labutam na área de engenharia e arquitetura se desdobrem a fim de atender as peculiaridades regionais no que diz respeito aos projetos preventivos.

O uso de um sistema de controle natural da movimentação da fumaça e dos gases tóxicos como norma de segurança contra incêndio não é unanimidade entre os Estados, conforme se verá no decorrer deste capítulo.

Os poucos trabalhos científicos existentes a respeito buscam o enfoque da qualidade ambiental, eis que em edificações industriais o objetivo da ventilação natural é controlar a temperatura interna, a distribuição do ar, a umidade e eliminar os microorganismos que poluem o ambiente, os quais estão presentes em gases, vapores, poeiras, fumaça, etc. (CHIARELLO, 2006)

Chiarello (2006, p. 15), ao tratar da ventilação natural em indústrias sob o enfoque do conforto térmico, estabelece que

A ventilação é a primeira opção a ser estudada como agente promotor térmico no projeto de edificações, já que a movimentação do ar dá-se sem uso de energia elétrica. A movimentação natural do ar faz-se através de aberturas (janelas, portas, lanternins, etc), umas como entrada, outras como saída, que devem estar posicionadas de modo a proporcionar um fluxo de ar adequado ao recinto.

Falando sobre a importância da ventilação em edificações industriais tem-se que

o sistema de ventilação natural é de grande importância quando se trata de galpões industriais, que se destinam às atividades que envolvem grande geração de calor e de outros alteradores da qualidade do ar. Evidentemente, muitas vezes é inviável se pretender a obtenção de condições de conforto térmico em recintos que abrigam fontes térmicas com grande liberação de calor, como aciarias, fundições, fábricas de vidro, entre outros. (CHIARELLO, 2006, p. 30)

Assim, destaca-se que o uso da ventilação natural em edificações está mais associado ao conforto térmico que pode oferecer aos ocupantes, bem como um fator de prevenção de doenças respiratórias do que os benefícios que podem trazer em situação de incêndio.

Em artigo publicado sobre o uso de lanternins Mazon, Silva e Souza (2006, p. 2) escrevem que

Uma circulação natural de ar adequada, dentro de um ambiente construído, além de auxiliar na diminuição do gradiente térmico, contribui para a renovação do ar interno (remoção dos poluentes do ar interno), que, dependendo do perfil de ocupação do ambiente, pode afetar a produtividade dos ocupantes além de ser prejudicial à saúde.

Portanto, os estudos acima não tratam dos aspectos relacionados à proteção contra incêndio, mas demonstram a funcionalidade do sistema de extração natural da fumaça e dos gases tóxicos.

### **3.1 Controle do movimento da fumaça através da ventilação natural como sistema de proteção contra incêndio**

O principal objetivo do controle do movimento da fumaça e dos gases tóxicos dentro de uma edificação é evitar o contato das pessoas com aqueles.

As medidas de prevenção e de proteção contra incêndio a serem adotadas em uma edificação devem se complementar e harmonizar a fim de garantir a funcionalidade da edificação em condições de uso normal, bem como evitar ou minimizar os efeitos de um incêndio. Neste sentido tem-se que 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”. (conforme lição de Berto nas aulas da Pós Graduação em Engenharia de Prevenção de incêndios da FURB, Blumenau, em 2008, p. 2).

Por sua vez, as medidas de proteção na concepção de Berto (2007, p.2) acima referenciado, “são aquelas destinadas a proteger a vida humana e os bens materiais dos efeitos nocivos do incêndio que já se desenvolve no edifício”.

Mitidieri (2008, p. 57), ao tratar do sistema global de segurança contra incêndio define no mesmo sentido que

A precaução contra o incêndio constitui-se em medidas que se destinam a prevenir a ocorrência do início do incêndio. Já as medidas de proteção contra incêndio são aquelas que visam à proteção da vida humana, da propriedade e dos bens materiais dos danos causados pelo incêndio instalado no edifício.

As medidas de proteção são classificadas em medidas passivas e medidas ativas de proteção contra incêndio.

O Prof. Berto entende que o sistema de controle do movimento de fumaça é uma medida ativa de proteção contra incêndio, eis que para cumprirem seu papel na eclosão de um incêndio devem ser acionados manual ou automaticamente. (BERTO, 1998, p. 9)

Contudo, o mesmo Berto (1998, p. 8) ao tratar das medidas passivas de proteção contra incêndio define

são aquelas incorporadas ao sistema construtivo, sendo funcionais durante a situação normal do edifício, e que reagem passivamente ao desenvolvimento do incêndio, não estabelecendo condições propícias ao seu crescimento e propagação, não permitindo o colapso estrutural, facilitando a fuga dos usuários e garantindo a aproximação e ingresso no edifício para o desenvolvimento das ações de combate.

Do exposto se extrai que o sistema de ventilação natural pode ser classificado como uma medida passiva, pois está incorporado aos elementos construtivos e não necessita de acionamento para entrar em funcionamento.

Dentro da dinâmica do presente trabalho faz-se necessário esclarecer os conceitos que nortearão o estudo.

Ventilação na definição da Associação Internacional de Capacitação de Bombeiros citada por Barcelos (2001, p. 15) é

a atividade de apoio que restabelece um fluxo de ar no interior de uma edificação sob a ação de uma combustão, consistindo na remoção sistemática de gases quentes, fumaça e vapores, efetuando uma reposição de ar mais fresco com o objetivo de facilitar outras prioridades do combate ao incêndio.

Para Chiarello (2006, p. 28)

a ventilação natural consiste na movimentação (passagem) do ar através de ambiente, sem que haja fornecimento de energia ao escoamento por fontes mecânicas. O ar entra por determinadas aberturas e sai por outras.

A Instrução Técnica (IT) nº 02 do Corpo de Bombeiros Militar do Estado de São Paulo (CBMSP) ao tratar da influência da ventilação em um incêndio descreve que

8.1.5 Durante um incêndio o calor emana gases dos materiais combustíveis que podem, em decorrência da variação de temperatura interna e externa a edificação, ser mais ou menos densos que o ar. Essa diferença de temperatura provoca um movimento ascensional dos gases que são paulatinamente substituídos pelo ar que

adentra à edificação por meio das janelas e portas. Disso ocorre uma constante troca entre o ambiente interno e externo, com a saída dos gases quentes e fumaça e a entrada de ar. (CORPO DE BOMBEIROS DA POLÍCIA MILITAR DO ESTADO DE SÃO PAULO, 2004a, p. 108)

Continua a IT 02/2011 discorrendo sobre o movimento da fumaça e dos gases, os quais

[...] se acumulam junto ao forro e se espalham por toda a camada superior do ambiente, penetrando nas aberturas existentes no local. Os gases quentes, assim como a fumaça, gerados por uma fonte de calor (material em combustão) fluem no sentido ascendente com formato de cone invertido. Esta figura é denominada “plume”. (CORPO DE BOMBEIROS DA POLÍCIA MILITAR DO ESTADO DE SÃO PAULO, 2004a, p. 108)

Por sua vez, Gamba Júnior (2001, p. 133) define que a ventilação

consiste na remoção e dispersão sistemática de fumaça, gases e vapores quentes de um local confinado, proporcionando a troca dos produtos da combustão por ar fresco, facilitando assim, a ação dos bombeiros no ambiente sinistrado.

Sendo a ventilação em incêndios um termo genérico, define-se então que “a ventilação natural consiste na movimentação (passagem) de ar através de ambiente, sem que haja fornecimento de energia ao escoamento por fontes mecânicas.” (CHIARELLO, 2006, p. 28)

Cunha e Martinelli Jr (2008, p. 262) entendem que a “ventilação natural é baseada na movimentação do ar por forças naturais, particularmente na movimentação do ar pelo interior da construção [...] que depende de outros fatores”, tais como

- A diferença de temperatura entre o ar e os gases quentes dentro e fora do edifício;
- A diferença da altura entre a entrada de ar e as aberturas de exaustão;
- A convecção do calor ascendente;
- A velocidade e direção do vento. (CUNHA; MARTINELLI JR, 2008, p. 263)

Portanto, extrai-se dos conceitos acima que a ventilação natural é um processo de retirada do ar aquecido, da fumaça e dos gases de um ambiente incendiado, conforme a previsão de entrada de ar fresco no local e a dispersão do ar quente e seus derivados, através de aspectos construtivos incorporados permanentemente na edificação.

Com base nas definições acima se verifica que a NSCI não contempla o controle do movimento de fumaça como sistema independente.

Há exigência de seu controle e exaustão nas saídas de emergência, segundo critérios da IN 009/DAT/CBMSC/2006, mas segundo se depreende da disposição do art. 2º da Norma de Segurança contra Incêndio de Santa Catarina (NSCI), o Corpo de Bombeiros Militar, através da Diretoria de Atividades Técnicas (DAT) poderá, a qualquer momento, e tendo em vista aumentar as condições de segurança, estabelecer outros critérios de acordo

com o tipo de ocupação e a atividade desenvolvida por determinada empresa. (CORPO DE BOMBEIROS MILITAR DO ESTADO DE SANTA CATARINA, 1994b)

A norma paulista de segurança contra incêndio estabelece em seu art 24 que, dentre outras, constituem medidas de segurança contra incêndio das edificações e áreas de risco o controle de fumaça. (SÃO PAULO, 2011)

Tem por objetivo, conforme item 2 da IT nº 15/2011, parte 1, do CBMSP,

- a. a manutenção de um ambiente seguro nas edificações, durante o tempo necessário para abandono do local sinistrado, evitando os perigos da intoxicação e falta de visibilidade pela fumaça;
  - b. o controle e redução da propagação de gases quentes e fumaça entre a área incendiada e áreas adjacentes, baixando a temperatura interna e limitando a propagação do incêndio;
  - c. prever condições dentro e fora da área incendiada que irão auxiliar nas operações de busca e resgate de pessoas, localização e controle do incêndio.
- (CORPO DE BOMBEIROS DA POLÍCIA MILITAR DO ESTADO DE SÃO PAULO, 2011c)

As regras gerais para o controle do movimento de fumaça também estão estipuladas na IT nº 15/2011, parte 1, do CBMSP, a qual estabelece que

- 4.1.1 As edificações devem ser dotadas de meios de controle de fumaça que promovam a extração (mecânica ou natural) dos gases e da fumaça do local de origem do incêndio, controlando a entrada de ar (ventilação) e prevenindo a migração de fumaça e gases quentes para as áreas adjacentes não sinistradas. (CORPO DE BOMBEIROS DA POLÍCIA MILITAR DO ESTADO DE SÃO PAULO, 2011c)

Por sua vez o Decreto nº 21.361, de 20 de julho de 2000, o qual aprova o Regulamento de Segurança contra Incêndio e Pânico do Distrito Federal, define em seu art. 9º que o controle da fumaça e dos gases da combustão é uma medida passiva que estabelece meios de controle do crescimento e da propagação do incêndio e pânico. (DISTRITO FEDERAL, 2000)

Um incêndio produz, além de luz e calor, a fumaça e seu componente mais perigoso e invisível, os gases tóxicos.

Esses gases podem ser mais ou menos densos de acordo com a sua temperatura, a qual é sempre maior do que o ambiente e, portanto, possuem uma força de flutuação com movimento ascensional bem maior que o movimento horizontal. (CORPO DE BOMBEIROS DA POLÍCIA MILITAR DO ESTADO DE SÃO PAULO, 2011a)

De acordo com Seito (2008, p. 51), “a fumaça terá sua composição química formada de acordo com a complexidade dos materiais combustíveis. Chega a ter duas centenas de substâncias e a porcentagem dessas substâncias varia com o estágio do incêndio”.

A formação dessas substâncias, além da quantidade é influenciada por: composição química do(s) material (ais) em combustão, oxigenação e nível de energia (calor) no processo. (SEITO, 2008)

### 3.2 A carga de incêndio nas edificações industriais

Os responsáveis pelas áreas da produção industrial e os profissionais de logística da empresa devem ter a responsabilidade de equalizar os riscos relacionados à carga de incêndio dos materiais combustíveis existentes em uma edificação.

Separar materiais que possam sofrer reação química é uma das medidas que podem ser adotadas.

O uso da compartimentação a fim de isolar riscos especiais é outra forma adequada que reduz a potencialidade dos incêndios.

O controle dos materiais combustíveis, tais como para acabamento, decoração, destinados à produção industrial ou ao estoque é medida eficaz que deve ser tomada a fim de reduzir a carga de incêndio da edificação.

Dentro dessas premissas devem as legislações relacionadas aos sistemas preventivos encontrar soluções que busquem efetivamente reduzir os riscos de incêndio.

No contexto estadual catarinense os sistemas preventivos de segurança contra incêndio a serem instalados em uma edificação, segundo a NSCI, baixada através do Decreto nº 4.909, de 18 de outubro de 1994, são determinados de acordo com o tipo de ocupação da edificação, a localização e a energia calorífica produzida em uma combustão completa, ou seja, a carga de fogo que poderá produzir em situação de incêndio com combustão completa dos materiais.

Conceituando carga de incêndio Marcatti, Coelho Filho e Berquó Filho (2008, p. 171) definem que

é a medida do calor máximo que seria liberado se todos os combustíveis em determinada área queimassem. A máxima liberação de calor é produto do peso de cada combustível multiplicado pelo seu potencial calorífico. Em um edifício típico, a carga de incêndio inclui mobiliário, acabamento interno, acabamento do piso e elementos estruturais. A carga de incêndio é comumente expressa em termos da carga de incêndio específica, que é o peso de combustível equivalente dividido pela área do piso do compartimento em metros quadrados,...

A Norma Brasileira 9077:2001 (NBR 9077) trata da carga de incêndio, carga térmica ou carga combustível de uma edificação como o

Conteúdo combustível de uma edificação ou de parte dela, expresso em termos de massa média de materiais combustíveis por unidade de área, pelo qual é calculada a liberação de calor baseada no valor calorífico dos materiais, incluindo móveis e seu conteúdo, divisórias, acabamento de pisos, paredes e forros, tapetes, cortinas, e outros. A carga combustível é expressa em MJ/m<sup>2</sup>, ou kg/m<sup>2</sup>, correspondendo à quantidade de madeira (kg de madeira por m<sup>2</sup>) que emite a mesma quantidade de calor que a combustão total dos materiais considerados nas dependências. (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2001)

O art. 27 da NSCI classifica as edificações em risco leve, médio e elevado, para então dispor que as edificações de risco elevado são aquelas cujos critérios a serem considerados impõem que:

Art. 27 - Para efeito de determinação dos níveis de exigências dos sistemas de segurança contra incêndios, as edificações serão classificadas em função da ocupação, da localização e da carga de fogo:

(...)

III - RISCO ELEVADO - edificações classificadas como:

- a) Comercial
- b) Industrial
- c) Mista
- d) Especiais

Quando o somatório das unidades comerciais da edificação mista e as demais comportarem Carga de Fogo estimada, maior do que 120 Kg/m<sup>2</sup>. (...)

A tabela 5 abaixo é um extrato da NSCI para determinação do risco de incêndio.

Tabela 5 - Classificação das edificações e áreas de risco quanto à carga de incêndio

<b>Risco</b>	<b>Carga de Fogo Kg/m<sup>2</sup></b>
Leve	Até 60 Kg/m <sup>2</sup>
Médio	Entre 60 e 120 Kg/m <sup>2</sup>
Elevado	Acima 120 de Kg/m <sup>2</sup>

Fonte: Adaptado de Santa Catarina (1994)

Por sua vez, carga de fogo ou carga de incêndio, de acordo com a Instrução Normativa nº 003 da Diretoria de Atividades Técnicas (DAT) do Corpo de Bombeiros Militar de Santa Catarina, IN 003/DAT/CBMSC, “é a soma das energias caloríficas que poderiam ser liberadas pela combustão completa de todos os materiais combustíveis, em um espaço, inclusive os revestimentos das paredes divisórias, pisos e tetos”. (CORPO DE BOMBEIROS MILITAR DE SANTA CATARINA, 2006a)

A Instrução Técnica (IT) nº 14/2011 do Corpo de Bombeiros Militar de São Paulo traz em seu item 4.1 idêntico conceito para carga de incêndio. (CORPO DE BOMBEIROS DA POLÍCIA MILITAR DO ESTADO DE SÃO PAULO, 2011b)

De acordo com a Tabela 3 do Decreto nº 56.819, de 10 de março de 2011, do Estado de São Paulo, as edificações são classificadas quanto à área de risco, conforme tabela 6 abaixo.

Tabela 6 - Classificação das edificações e áreas de risco quanto à carga de incêndio

<b>Risco</b>	<b>Carga de Incêndio MJ/m<sup>2</sup></b>
Baixo	Até 300 MJ/m <sup>2</sup>
Médio	Entre 300 e 1.200 MJ/m <sup>2</sup>
Alto	Acima 1.200 de MJ/m <sup>2</sup>

Fonte: São Paulo (2011)

A norma do Corpo de Bombeiros Militar de São Paulo (CBMSP) exige o sistema de controle de fumaça em edificações industriais que possuam risco alto de incêndio, cuja carga de incêndio seja superior a 1.200 de MJ/m<sup>2</sup> e a altura da edificação esteja acima de 30 metros, consoante o disposto na Tabela 6I.2 do Decreto paulista supra.

Ocorre que a realidade da indústria catarinense e da brasileira no tocante a edificação se mostra incoerente com tal exigência, pois apresentam edificações industriais com arquitetura de predominância horizontal e que dificilmente alcançam essa altura.

Atualmente predominam edificações de pouca altura e com pavimento único.

No Distrito Federal o art. 6º do Decreto nº 21.361, de 20 de julho de 2000, o qual estabelece as normas de segurança contra incêndio diz que “os riscos de incêndio são classificados em relação à classe de ocupação da Tarifa de Seguro Incêndio do Brasil, do Instituto de Resseguros do Brasil (IRB)”. (DISTRITO FEDERAL, 2000)

De todo o exposto fica claro a importância de se trabalhar a questão relativa ao controle dos materiais combustíveis a fim de minimizar os riscos pela redução da carga de incêndio de todos os materiais combustíveis existentes em uma edificação.

Controlando a produção da fumaça e dos gases, mais fácil pode ser a extração destes do interior da edificação, embora possam advir algumas desvantagens, como se verá no capítulo seguinte.

#### **4 VANTAGENS E DESVANTAGENS DO USO DA VENTILAÇÃO NATURAL EM INCÊNDIOS**

Os sistemas preventivos de segurança contra incêndio não funcionam de maneira isolada, pois devem se complementar, já que cada sistema tem uma função própria dentro dos objetivos de prevenção e proteção da edificação, resguardar seus bens e principalmente evitar que as pessoas sejam alcançadas e contaminadas pela movimentação da fumaça e seus gases tóxicos.

Nessa esteira há relato histórico de que

a motivação para o uso de sistema de controle de fumaça não veio da redução dos prêmios de seguro mas do desejo de manter produção contínua, proporcionando a continuidade da oferta de serviço e produtos aos clientes e assim preservando o negócio. (CUNHA; MARTINELLI JR, 2008 p. 257)

Destacando a importância do sistema de controle natural do movimento da fumaça e dos gases tóxicos Ono (1998, p. 23) destaca que

Edifícios de grande área com pouca compartimentação, essencialmente de caráter industrial, onde grandes áreas de piso contínuo são necessárias para operacionalização das atividades e dos processos, devem apresentar aberturas contínuas ou individuais para a exaustão de fumaça em toda sua área que são, normalmente, aberturas no teto ou na lateral (aberturas zenitais).

Na vertente da ventilação natural com o objetivo de conforto térmico Mazon, Silva e Souza (2006) destacam em seu artigo que o uso da ventilação natural permite ambientes com bom espaço e boa luminosidade e, por consequência, tem uma redução significativa dos gastos com energia elétrica, além de propiciar um ambiente climático agradável, fator que permite aos trabalhadores ter um melhor rendimento nas metas de trabalho.

Para os autores Andreasi e Versage (2004, p. 18) ao discorrerem em seu artigo sobre os efeitos da ventilação natural no restaurante universitário da Universidade Federal do Mato Grosso do Sul, concluem que

Conhecendo os benefícios e possibilidades dos processos de ventilação natural, um ramo de pesquisa essencial como estratégia para conforto térmico nas edificações, podemos concluir sob os aspectos abordados na revisão bibliográfica que é possível um ambiente naturalmente ventilado ser totalmente eficiente para o conforto, contribuindo para a eficiência energética, desde que se compreendam as condicionais para o conforto e as leis de movimentação de ar, seus efeitos e suas possibilidades.

Contudo, os trabalhos acima não retratam os benefícios ou malefícios da ventilação natural para controle do movimento da fumaça e dos gases tóxicos, no entanto, é certo que “qualquer abertura na edificação atuará no efeito da movimentação da fumaça,

podendo trazer benefícios ou prejuízos para as operações de salvamento e combate à incêndio”. (GAMBA JR, 2001, p. 85)

#### 4.1 Vantagens da ventilação natural

Um sistema preventivo, isoladamente, não tem a possibilidade de prevenir o incêndio ou proteger a vida e a propriedade. Eles atuam em conjunto, de maneira a se complementar, como por exemplo, um sistema de detecção automática de fumaça e calor pode deflagrar o acionamento do alarme, dos chuveiros automáticos, etc.

Nesse sentido as características construtivas tem importância na medida em que, uma vez projetada adequadamente, possibilitará que todo o sistema preventivo entre em funcionamento e atinja seus objetivos.

Como consequência do correto dimensionamento do sistema de ventilação natural, a retirada da fumaça e dos gases tóxicos contribui para proteger a edificação e a vida dos trabalhadores da edificação industrial, uma vez que

- Os gases de combustão tóxicos, principal causa de morte em incêndios, reduzem-se substancialmente;
- Os gases de combustão combustíveis, que podem originar explosões ou aumentar a propagação do incêndio, ficam menos concentrados;
- Nos espaços desimpedidos do fumo melhora-se a visibilidade, o que evita o pânico, melhora as condições de evacuação e a acessibilidade aos meios de socorro;
- A temperatura é menos elevada e a propagação do incêndio poderá ser mais lenta se o controlo de fumo for sincronizado com as acções de ataque ao incêndio;
- A intervenção dos bombeiros é mais fácil e rápida. (CASTRO; ABRANTES, 2011, p. 253)

A ventilação natural traz ainda benefícios acessórios, pois ao diminuir a quantidade de fumaça e gases tóxicos no ambiente incendiado, reduz a temperatura e permite

- Reduzir os danos provocados pelo calor, fumo e gases de combustão corrosivos em produtos, equipamentos e nos próprios materiais e elementos de construção do edifício;
- Localizar mais facilmente o foco de incêndio, acelerando as acções de combate;
- Expelir para o exterior o vapor de água, a temperatura elevada, resultantes das acções de extinção;
- Atrasar a propagação do incêndio, se o seu ataque for coordenado com a desenfumagem;
- Recuperar mais rapidamente os locais afectados, que retornarão a sua actividade normal num menor espaço de tempo. (CASTRO; ABRANTES, 2011, p. 254)

Os objetivos do sistema de controle da movimentação da fumaça no entendimento de Ono (1998, p. 21), que se pode traduzir em vantagens futuras, uma vez instalado o sistema, são

- a) garantir aos ambientes condições aceitáveis para a realização da evacuação segura durante o período necessário para esta operação;

- b) controlar e reduzir o deslocamento da fumaça do incêndio;
- c) oferecer condições para que os bombeiros possam atuar nas operações de salvamento de pessoas e de localização e combate do incêndio;
- d) contribuir para a proteção da vida humana e redução das perdas patrimoniais.

O controle do movimento da fumaça e dos gases tóxicos trará vários benefícios, os quais, de acordo com Cunha e Martinelli Jr (2008, p. 258), podem ser

- Ventilação prévia, reduzindo assim a temperatura interna, protegendo estragos e colapso estrutural.
- Bom meio de escape, com visibilidade da rota de fuga.
- Manter a atmosfera limpa.
- Limitar a temperatura, impedindo ignição espontânea.
- Prevenir estrago desnecessário por fumaça.
- Prevenir estrago desnecessário por água.
- Reduzir o tempo de limpeza.
- Proporcionar uma visão clara do fogo.
- Ajudar a extinguir o fogo no seu início.
- Reduzir os custos do incêndio.

Ainda conforme relatam Cunha e Martinelli Jr (2008, p. 262), várias são as vantagens da ventilação natural permanente, que conjugada com a ventilação de incêndio proporcionará

- Ventilação silenciosa.
- Praticamente livre de manutenção.
- Custos baixos (pneumático ou elétrico).
- Funcionamento livre de falhas.
- Duplo propósito - ventilação diária e para incêndio.
- Apelo psicológico visão do céu grande e clara.
- Grande área aberta permitindo a perda de calor por radiação.
- Fácil instalação.
- Baixo peso.
- Podem combinar esteticamente com a estrutura.
- Aumento automático da capacidade de insuflação com a elevação da temperatura interna.
- Permite a separação em zonas.

Nos estudos apresentados acerca das operações de ventilação Barcelos (2001, p.15) aponta como vantagens em se ventilar um ambiente a

- Facilitação das Operações de Resgate;
- Aceleração do ataque e da extinção;
- Redução dos danos aos bens;
- Redução da expansão da fumaça;
- Redução dos Perigos de backdraft e flashover;
- Diminuição da propagação do fogo;
- Facilitação do abandono da edificação e da sobrevivência das vítimas;
- Economia do agente extintor água;
- Maior segurança aos bombeiros.

Portanto, o controle da movimentação da fumaça e dos gases tóxicos em situação de incêndio através do uso de lanternim em edificações industriais tem como função diminuir os efeitos da propagação da fumaça e dos gases tóxicos sobre as pessoas.

Reduz a velocidade de propagação do fogo e proporciona a extração natural desta fumaça pela ascensão dos gases aquecidos.

Visa ainda garantir tanto a evacuação da edificação por parte dos usuários quanto o combate seguro por parte das guarnições de bombeiro, haja vista a maior visibilidade do local.

É uma forma ecologicamente correta de proporcionar conforto térmico e de diminuir os efeitos do incêndio, haja vista que não necessita do uso de energia elétrica ou química para entrar em funcionamento.

Além disso, retardando os efeitos do fogo sobre a estrutura da edificação possibilitará retomar as atividades industriais em menor espaço de tempo, diminuindo os prejuízos econômicos.

Se não bastassem os efeitos ora relatados, ainda existe a possibilidade do uso da ventilação mecânica em situações extremas em que a ventilação natural não seja suficiente para a extração da fumaça e dos gases quentes da combustão.

#### **4.2 Desvantagens da ventilação natural**

Todos os sistemas preventivos apresentarão suas vantagens e também suas desvantagens, pois não estão imunes aos defeitos e, em alguns casos, dependerão ainda da capacidade do homem em operá-lo ou usá-lo com eficiência e eficácia, tais como o sistema preventivo por extintores ou a saída de emergência.

Os aspectos que podem ser apontados como desvantagens são

As condições de fluência do ar podem ser afetadas pela pressão e direção do vento. A topografia local e os prédios adjacentes são assim um fator importante a ser considerado [...]

A ventilação natural pode não funcionar eficientemente nos momentos iniciais do incêndio, a menos que ocorra uma ventilação prévia. (CUNHA; MARTINELLI JR, 2008, p. 262)

Nesse sentido, se as condições de vento não estiverem favoráveis, a oferta de ar no interior da edificação será baixa.

Depende ainda da direção do vento no momento do incêndio, fator este impossível de determinar, mas que deve ser levado em consideração na elaboração do projeto, tendo em vista os ventos predominantes na região, a fim de determinar as aberturas para entrada de ar.

A proximidade com outras edificações elevadas no entorno pode afetar a direção e a intensidade do vento a ser ofertado no prédio, fator que requer um afastamento maior da edificação e que nem sempre será viável economicamente.

Outro fator que pode ser considerado é a temperatura interna e externa da edificação, sendo que, quando aquela estiver menor que esta poderá haver inversão do fluxo do ar, impedindo assim a troca do ar ambiente.

## 5. CRITÉRIOS PARA IMPLEMENTAÇÃO DO SISTEMA DE VENTILAÇÃO NATURAL EM EDIFICAÇÕES INDUSTRIAIS NO ESTADO DE SANTA CATARINA

Segundo os estudos colacionados neste trabalho, a classificação das edificações que utilizam o controle do movimento da fumaça e dos gases tóxicos para fins de ventilação natural segue os seguintes critérios:

- ocupação;
- área construída;
- altura; e
- carga de incêndio.

O critério da ocupação como exigência para a implantação do controle do movimento da fumaça como sistema preventivo é utilizado pelas normas apontadas neste trabalho.

No Estado de Santa Catarina, conforme delineado acima, o art 27 da NSCI classifica as edificações quanto à ocupação, localização e carga de incêndio, estipulando que as indústrias serão classificadas como risco médio ou elevado de acordo com a carga de incêndio, cujos parâmetros estabelecidos são, respectivamente, entre 60 e 120 Kg/m<sup>2</sup> e acima de 120 Kg/m<sup>2</sup>.(SANTA CATARINA, 1994)

Para fins de determinação das medidas de segurança, as indústrias estão classificadas no art 10, III da NSCI, a qual remete para o art. 17 da NSCI, onde descreve os sistemas preventivos a serem exigidos, conforme a área, altura e carga de incêndio, sendo que:

Art. 17. Nas edificações INDUSTRIAIS:

[...]

VII – Com mais de um pavimento ou área total construída igual ou superior a 750m<sup>2</sup>, deverão dispor de paredes Corta-Fogo, desde que a carga incêndio média seja superior a 120 Kg/m<sup>2</sup>. (SANTA CATARINA, 1994)

O critério de área segue a mesma regra adotada pelos Estados de São Paulo e Goiás, qual seja, área mínima de 750m<sup>2</sup> ou mais de um pavimento para se exigir compartimentação por paredes corta-fogo.

Entretanto, dadas as peculiaridades das edificações industriais, que exigem parques fabris com generosos espaços a fim de permitir os deslocamentos e manuseio de equipamentos, entende-se que não seria razoável adotar o critério de área estabelecido pela NSCI como parâmetro para exigência do sistema de controle da fumaça através da ventilação natural.

Pode-se estabelecer como critério o caminhamento adotado pela IN 09/DAT/CBMSC para se alcançar as saídas de emergência, que, numa interpretação sistemática adota como área máxima da edificação, não havendo isolamento entre pavimentos e ambientes, 900m<sup>2</sup> (15 metros de caminhamento para se alcançar as saídas de emergência). Havendo pavimentos isolados pode-se adotar área máxima de 2500m<sup>2</sup> (25 metros de caminhamento). Havendo além de pavimentos isolados, áreas compartimentadas, pode-se estabelecer área máxima de 4900m<sup>2</sup> (35 metros de caminhamento) para as edificações industriais com ventilação natural. (CORPO DE BOMBEIROS MILITAR DE SANTA CATARINA, 2006b).

Tais parâmetros se aproximam do que estabelece a IT 09/2011 do Corpo de Bombeiros Militar de São Paulo, a qual trata da compartimentação, exceto a conjugação da altura. (CORPO DE BOMBEIROS DA POLÍCIA MILITAR DO ESTADO DE SÃO PAULO, 2011f)

Quanto à altura os critérios apontados pelos estudos demonstram que os Estados de São Paulo e Goiás exigem 60 metros para edificações com carga de incêndio de risco leve ou médio e 30 metros para edificações que apresentem carga de incêndio de risco elevado. O Paraná adota altura mínima de 12 metros.

Neste requisito reside a crítica, pois a realidade das indústrias brasileiras dificilmente apontará edificações com alturas tão elevadas, tornando-se tal exigência praticamente inócua, talvez com raras exceções.

A NSCI exige compartimentação nas edificações industriais com mais de um pavimento, além da área acima estipulada e carga de incêndio para risco elevado, que é de 120 Kg/m<sup>2</sup>.

Entretanto, face as atuais características arquitetônicas das edificações industriais catarinense, cuja altura média é de oito (8) metros e pavimento único, seria razoável exigir-se a instalação do sistema de ventilação natural para as edificações industriais que apresentem um pavimento com altura mínima de 8 metros, atendidos os demais critérios aqui expostos.

O critério de carga de incêndio é o mesmo para os três Estados que adotam o controle do movimento da fumaça como medida preventiva. Até 300 MJ/m<sup>2</sup> é baixo risco; entre 300 e 1200MJ/m<sup>2</sup> é médio risco e acima de 1200MJ/m<sup>2</sup> é alto potencial de risco.

A IN 03/ DAT/CBMSC estabelece que 1 Kg de madeira equivale a 19 MJ. Então temos que 60 Kg/m<sup>2</sup> equivalem a 1140 MJ/m<sup>2</sup> e 120 Kg/m<sup>2</sup> equivalem a 2280 MJ/m<sup>2</sup> (CORPO DE BOMBEIROS MILITAR DE SANTA CATARINA, 2006a)

A NSCI exige compartimentação para edificações industriais com carga de incêndio superior a 120 Kg/m<sup>2</sup>, ou seja, com risco elevado de incêndio. Segundo se apurou nos estudos colacionados, a compartimentação é requisito indispensável para o funcionamento integrado do sistema de controle de fumaça através da ventilação natural, portanto, o critério de carga de incêndio de risco elevado constante na NSCI pode ser adotado como parâmetro para a exigência da ventilação natural através de lanternim nas edificações industriais.

## 6 CONCLUSÃO

A cultura de prevenção e de proteção contra incêndios no Brasil é relativamente recente, pois as características arquitetônicas das edificações estão voltadas para o conjunto estético, sendo que as medidas de proteção estão destinadas a um segundo momento na elaboração do projeto construtivo.

Neste aspecto, várias lacunas ainda precisam ser preenchidas a fim de garantir uma maior segurança aos usuários das edificações.

A partir da constatação que a inalação da fumaça e dos gases tóxicos ao organismo humano durante um incêndio causa aproximadamente 70% das mortes, buscou-se com este trabalho estudar o uso da ventilação natural em edificações industriais através de um sistema de introdução de ar limpo e extração da fumaça e dos gases tóxicos pela implantação do sistema construtivo denominado lanternim.

Inicialmente estudou-se o comportamento do movimento da fumaça e dos gases tóxicos em situação de incêndio. Para isso foram abordados os conceitos de fumaça e gases tóxicos segundo os entendimentos normativos e doutrinários, os quais se mostraram muito parecidos.

Conhecidos tais conceitos foram abordados os aspectos relativos aos gases tóxicos do incêndio e seus efeitos no organismo, onde se constatou que dos vários produtos da combustão os mais comuns e encontrados em todos os incêndios são o monóxido de carbono, resultado da queima incompleta dos materiais a base de carbono, e o dióxido de carbono, que resulta da queima completa dos materiais carbonados.

Diante dessa constatação se mostra importante o controle dos materiais de acabamento nas edificações a fim de reduzir a potencialidade dos incêndios.

Elencaram-se ainda as formas de propagação do incêndio, que se dá através da radiação, condução e convecção. Esta última forma é a mais corriqueira nos incêndios verticais, sendo responsável pela ascendência da fumaça e dos gases tóxicos.

Com isso puderam-se conhecer os fatores que influenciam a propagação, tais como as características arquitetônicas e dos materiais, a quantidade destes e os locais de risco, as condições climáticas e a importância de um sistema de ventilação nas edificações, dentre outros.

Essas considerações acima reforçaram o entendimento de que um sistema de ventilação natural é imprescindível e, para tanto, buscou-se o conceito de lanternim, genericamente adotado como exaustor natural.

Os estudos apontaram que se trata de um sistema construtivo adotado no setor avícola, que o utiliza nos galpões para garantir uma melhor ventilação e conseqüentemente um melhor conforto térmico para as aves, reduzindo os gastos energéticos das fazendas.

Vários autores fizeram trabalhos acerca da ventilação natural em indústrias. Chiarello, Mazon, Silva e Souza abordaram o estudo da ventilação natural em edificações industriais sob o enfoque de proporcionar melhor conforto térmico aos trabalhadores, reduzindo os efeitos do calor sobre os mesmos, bem como diminuindo a possibilidade de serem afetados por problemas respiratórios.

O ponto fraco apontado reside no fato de que a literatura existente não trata da ventilação natural como sistema de controle do movimento da fumaça e sim como medida para conforto térmico e ambiental em edificações industriais. Não há trabalho específico que trate o sistema como uma medida de segurança contra incêndio.

Tal fator não prejudicou o entendimento do tema, pois os objetivos propostos inicialmente foram alcançados, uma vez que se pôde compreender os efeitos tóxicos da fumaça do incêndio, seu comportamento e possibilidades de extração natural.

Uma vez que não foram localizados trabalhos a respeito buscou-se conhecer as legislações estaduais que abordam as normas de segurança contra incêndio, onde se constatou, por exemplo, que os Estados de Santa Catarina, Rio Grande do Sul e Rio de Janeiro não fazem menção em suas normas sobre o tema controle da fumaça através da ventilação natural.

Por sua vez, os Estados de Minas Gerais e Espírito Santo, além do Distrito Federal, têm legislações que estabelecem o controle do movimento da fumaça como uma das medidas de segurança, no entanto não há norma técnica que trate da exigência deste sistema preventivo.

Já os Estados de São Paulo, Paraná e Goiás estabeleceram em suas respectivas legislações o controle do movimento da fumaça como medida de segurança preventiva, bem como baixaram normas ou instruções técnicas que delineiam exaustivamente o controle do movimento da fumaça, através da ventilação natural ou mecânica. Aplicam-se a todo tipo de edificações, atendidos os requisitos ali descritos.

As condições gerais para a exigência dos sistemas nesses Estados são exatamente iguais, inclusive a numeração de suas normas/instruções técnicas são as mesmas, diferenciando alguns requisitos técnicos, tais como área construída e altura da edificação.

O Estado de São Paulo adota a IT nº 15/2011, partes 1 à 8, para o controle do movimento da fumaça.

O Estado do Paraná adota a NPT nº 15/2012, partes 1 à 8.

O Estado de Goiás adota a NT nº 15/2007, partes 1 à 8.

Esses Estados regulam especificamente o controle do movimento da fumaça em edificações industriais nas respectivas normas de nº 15, parte 3.

Neste aspecto reside outro ponto fraco do tema estudado, pois a base normativa para os estudos técnicos é única, eis que os Estados que adotam o controle da fumaça como medida preventiva normalizaram a sua exigência através daquilo que outros já tinham produzido, sem querer aqui entrar no mérito de quem primeiro adotou o sistema.

Diante dos estudos verificou-se que os requisitos gerais para o efetivo controle do movimento da fumaça em uma edificação industrial são um sistema para introdução de ar limpo e extração de fumaça e gases tóxicos, compartimentação (critério a ser definido em norma futura, pois inexistente em nosso Estado atualmente), áreas para acantonamentos e barreiras de fumaça.

Muito embora haja carência normativa e de literatura acerca do tema, avalia-se como positiva a análise das normas e trabalhos existentes, pois serviram de base para entender a simplicidade de funcionamento do sistema e da importância em se despertar para futuras análises, estudos e discussões para implantação de uma Instrução Normativa em nosso Estado.

Em que pese a praticidade apontada, convém ressaltar que um sistema, isoladamente, não cumpre seu papel. Deverá funcionar de maneira integrada aos demais componentes das medidas preventivas que uma edificação exige, sob pena de se tornar ineficiente.

Por isso o presente trabalho também trouxe as vantagens e as desvantagens do uso da ventilação natural como método para o controle do movimento da fumaça e dos gases tóxicos.

Embora apontadas algumas desvantagens, os benefícios da ventilação natural superam possíveis e circunstanciais deficiências, pois além do que foi arrolado no capítulo quarto, é um sistema de custo praticamente zero de manutenção e funcionamento, fator que atualmente deve ser considerado, já que se trata de um sistema ecologicamente correto, que não depende de outros para sua entrada em funcionamento e, portanto, isento de falhas elétricas, mecânicas, etc.

Ao final do trabalho foram apontados os critérios que poderão ser adotados em Santa Catarina numa futura normalização que contemple o controle da fumaça através da ventilação natural com o uso de lanternim nas edificações industriais.

Crítérios estes estabelecidos de acordo com a NSCI e normas de outras corporações de bombeiro militar, que se complementam a fim de atender as peculiaridades das indústrias no tocante ao sistema preventivo em foco.

Tudo isso em face da atual realidade catarinense no tocante às atividades operacionais de combate a incêndio, que demonstra uma Corporação com capilaridade de organizações de bombeiro militar pelo território, mas com deficiência de efetivo, que faz com que severas ocorrências de incêndio sejam inicialmente atendidas por dois ou três bombeiros, no máximo.

Esta primeira resposta, se feita de maneira rápida e segura, pode significar o sucesso da operação, com a salvaguarda de vidas e a preservação do patrimônio alheio. O reverso da moeda, ou seja, a demora no primeiro atendimento e nas ações de resgate e enfrentamento pode denotar o fracasso da missão bomberil.

A existência de um sistema de ventilação em edificações industriais, cuja carga de incêndio seja elevada, pode retardar a propagação do incêndio, permitir a saída das pessoas da edificação sem inalar fumaça, proporcionar um maior tempo de visibilidade durante a evacuação, facilitar a entrada no edifício e as ações de combate e resgate de vítimas. Por isto a importância em se implementar uma instrução normativa.

Recomendam-se estudos, análises e consultas públicas sobre o uso da ventilação natural como forma de controle do movimento da fumaça e gases tóxicos nas edificações industriais, a fim de fomentar o desenvolvimento de uma norma que busque atender todos os usuários, sejam eles trabalhadores, transeuntes ou combatentes, proporcionando maior segurança aos usuários e à edificação.

Sugere-se, em complemento, um estudo a fim de se implementar também um sistema de controle da fumaça para as demais edificações, sejam elas comerciais, como a existência de grandes shoppings, hospitalares, escolares, dentre outras.

A omissão normativa pode caracterizar um ônus ao Estado, na medida em que este deveria tomar providências a fim de garantir a incolumidade dos cidadãos. Neste sentido, incumbe ao CBMSC baixar normas relativas à segurança das pessoas e de seus bens contra incêndio, catástrofes e produtos perigosos, *ex vi* art. 108, II da Constituição Estadual de 1989.

Na esteira desse permissivo constitucional vem o art. 2º da NSCI, o qual dispõe que dependendo do tipo de ocupação da edificação ou da atividade desenvolvida, poderá o CBMSC adotar outras medidas que visem garantir a segurança contra incêndio. (SANTA CATARINA, 1994)

Com base nessas premissas e de que é dever da administração pública salvaguardar a vida e o patrimônio dos seus cidadãos, impõe-se que ela exercite seu poder-dever de instituir normas que regulem as atividades humanas, sejam elas no tocante as suas relações pessoais, sociais ou profissionais.

Portanto, está o CBMSC legitimado a baixar normas que visem garantir a incolumidade das pessoas e a proteção do patrimônio face os potenciais riscos do incêndio.

## REFERÊNCIAS

ANDREASI Wagner Augusto; VERSAGE Rogério de Souza. **A ventilação natural como estratégia visando proporcionar conforto térmico e eficiência energética no ambiente interno**. 2004. Disponível em <<http://www.dec.ufms.br/lade/docs/dt/rogerio.pdf>> Acesso: em 13 jan 2012.

ARAÚJO. José Moacyr Freitas. Comportamento humano em incêndios. In: SEITO, Alexandre Itiu et al. **Segurança contra incêndio no Brasil**. São Paulo: Projeto Editora, 2008. p. 93-100.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 9077**: Saídas de emergência em edifícios. Rio de Janeiro, 2001.

BARCELOS, Marcos Aurélio. **Padronização de condutas do CBPMSC em operações de ventilação em incêndios**. 2001. 81 f. Monografia (Especialização de Bombeiros para Oficiais) – Comando do Corpo de Bombeiros, Centro de Ensino da Polícia Militar, Polícia Militar, Santa Catarina, 2001.

BERTO, Antonio Fernando. **Abordagem sistêmica de segurança contra incêndio**. Blumenau, 2007. Trabalho não publicado.

BERTO, Antonio Fernando et al. **Questões atuais da segurança contra incêndio em edificações**. São Paulo: IPT, 1998

CASTRO, Carlos Ferreira; ABRANTES, José Barreira. **Manual de Segurança contra Incêndio em Edifícios**. 2ª ed. Lisboa: Escola Nacional de Bombeiros, 2011.

CHIARELLO, Juliana Ana. **Ventilação natural por efeito chaminé – Estudo em modelo reduzido de pavilhões industriais**. 2006. 94 f. Dissertação (Pós-Graduação em Engenharia Civil da Universidade Federal do Rio Grande do Sul). Porto Alegre, 2006.

CORPO DE BOMBEIROS DA POLÍCIA MILITAR DO ESTADO DE SÃO PAULO. **Coletânea de Manuais Técnicos de Bombeiros: Combate a incêndios em edifícios altos**. São Paulo, 2006. Disponível em: <http://pt.scribd.com/doc/52883778/MTB-16-COMBATE-A-INCENDIO-EM-EDIFICIOS-ALTOS>. Acesso em: 15 nov 2011.

CORPO DE BOMBEIROS DA POLÍCIA MILITAR DO ESTADO DE SÃO PAULO. **Instrução Técnica nº 02/2011**. Conceitos básicos de proteção contra incêndio. São Paulo, 2011a. Disponível em: <[http://www.ccb.polmil.sp.gov.br/index.php?option=com\\_content&view=article&id=28&Itemid=42](http://www.ccb.polmil.sp.gov.br/index.php?option=com_content&view=article&id=28&Itemid=42)>. Acesso em: 15 nov 2011.

\_\_\_\_\_. **Instrução Técnica nº 14/2011**. Carga de incêndio nas edificações e áreas de risco. 2011b.

\_\_\_\_\_. **Instrução Técnica nº 15/2011**. Controle de fumaça. Parte 1. Regras gerais. 2011c.

\_\_\_\_\_. **Instrução Técnica nº 15/2011.** Controle de fumaça. Parte 2. Conceitos, definições e componentes do sistema. 2011d.

\_\_\_\_\_. **Instrução Técnica nº 15/2011.** Controle de fumaça. Parte 3. Controle de fumaça natural em indústrias, depósitos e áreas de armazenamento em comércios. 2011e.

\_\_\_\_\_. **Instrução Técnica nº 09/2011.** Compartimentação horizontal e compartimentação vertical. 2011f.

CORPO DE BOMBEIROS MILITAR DE GOIÁS. **Norma Técnica nº 15/2007.** Controle de fumaça. Parte 1. Regras gerais. 2007a. Disponível em:  
<[http://siapi.bombeiros.go.gov.br/sisbom/siapi\\_web/menu/usuario\\_web.php](http://siapi.bombeiros.go.gov.br/sisbom/siapi_web/menu/usuario_web.php)>. Acesso em 09 jan 2012.

\_\_\_\_\_. **Norma Técnica nº 15/2007.** Parte 2 – Conceitos, definições e componentes do Sistema. 2007b.

\_\_\_\_\_. **Norma Técnica nº 15/2007.** Parte 3 – Controle de fumaça natural em indústrias, depósitos e áreas de armazenamento em comércios. 2007c.

CORPO DE BOMBEIROS MILITAR DE SANTA CATARINA. **Instrução Normativa nº 03/DAT/CBMSC/2006a.** Carga de incêndio. Disponível em  
<<http://www.cbm.sc.gov.br/dat/instrucoesnormativas.html>>. Acesso em: 25 out 2011.

\_\_\_\_\_. **Instrução Normativa nº 09/DAT/CBMSC/2006b.** Saídas de Emergência. Disponível em <<http://www.cbm.sc.gov.br/dat/instrucoesnormativas.html>>. Acesso em: 25 out 2011.

CORPO DE BOMBEIROS MILITAR DO DISTRITO FEDERAL. **Manual Básico de Combate a Incêndio:** Segurança contra incêndio. Distrito Federal, 2006. Disponível em  
<[https://www.cbm.df.gov.br/.../10-combate-a-incendio?...47%3Amanual\\_de\\_combate\\_a\\_incendio\\_mod\\_5](https://www.cbm.df.gov.br/.../10-combate-a-incendio?...47%3Amanual_de_combate_a_incendio_mod_5)>. Acesso em: 26 out 2011.

CORPO DE BOMBEIROS MILITAR DO ESPÍRITO SANTO. **Norma Técnica 03/2009.** Terminologia de Segurança contra Incêndio e Pânico. 2011. Disponível em:  
<http://www.cb.es.gov.br/conteudo/atividadestecnicas/normastecnicas/default.aspx>. Acesso em 10 jan 2012.

CORPO DE BOMBEIROS MILITAR DO PARANÁ. **Norma de Procedimento Técnico nº 15/2012.** Controle de fumaça. Parte 1. Regras gerais. 2011a. Disponível em:  
<[http://www.bombeiroscascavel.com.br/modules/mastop\\_publish/?tac=Novo\\_C%F3digo](http://www.bombeiroscascavel.com.br/modules/mastop_publish/?tac=Novo_C%F3digo)>. Acesso em: 20 jan 2012.

\_\_\_\_\_. **Norma de Procedimento Técnico nº 15/2012.** Controle de fumaça. Parte 2. Conceitos, definições e componentes do sistema. 2011b.

\_\_\_\_\_. **Norma de Procedimento Técnico nº 15/2012.** Controle de fumaça. Parte 3. Controle de fumaça natural em indústrias, depósitos e áreas de armazenamento em comércios. 2011c.

CUNHA, Luiz C. Leitão da; MARTINELLI JR, Romeu H. Sistema de controle de fumaça. In: SEITO, Alexandre Itiu et al. **Segurança contra incêndio no Brasil**. São Paulo: Projeto Editora, 2008. p. 257-275.

DEL CARLO, Ualfrido. A segurança contra incêndio no Brasil. In: SEITO, Alexandre Itiu et al. **Segurança contra incêndio no Brasil**. São Paulo: Projeto Editora, 2008. p. 9-17.

DISTRITO FEDERAL. **Decreto nº 21.361**, de 20 de julho de 2000. Institui o Regulamento de Segurança contra Incêndio e Pânico do Distrito Federal. Disponível em: <[https://www.cbm.df.gov.br/site/dst/index.php/home/downloads/cat\\_view/19-leis-e-decretos.html](https://www.cbm.df.gov.br/site/dst/index.php/home/downloads/cat_view/19-leis-e-decretos.html)>. Acesso em: 5 jan 2012.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISAS AGROPECUÁRIAS. **Conceito de lanternim**. Disponível em <<http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Ave/ProducaodeFrangodeCorte/Lanternim.html>>. Acesso em: 22 out 2011.

FALCÃO, Roberto José Kassab. **Tecnologia de proteção contra incêndio**. Rio de Janeiro: 1995.

GAMBA JR, José. **Combate a incêndio em edificações verticalizadas**. 2001. 146 f. Monografia (Especialização de Bombeiros para Oficiais) – Comando do Corpo de Bombeiros, Centro de Ensino da Polícia Militar, Polícia Militar, Santa Catarina, 2001.

GIL, Antonio Carlos. **Como elaborar projetos de pesquisa**. São Paulo: Atlas, 2009.

GILL, Alfonso Antonio. Et al. Aprendendo com os grandes incêndios. In: SEITO, Alexandre Itiu et al. **Segurança contra incêndio no Brasil**. São Paulo: Projeto Editora, 2008. p. 19-33.

GOIÁS. **Lei nº 15.802, de 11 de setembro de 2006**. Institui o Código Estadual de Proteção contra Incêndio, Explosão, Pânico e Desastres e dá outras providências. Disponível em: <[http://siapi.bombeiros.go.gov.br/sisbom/siapi\\_web/arquivos/leis/lei\\_15802.pdf](http://siapi.bombeiros.go.gov.br/sisbom/siapi_web/arquivos/leis/lei_15802.pdf)>. Acesso em: 5 jan 2012

<http://www.clicrbs.com.br/pioneiro/rs/plantao/10,2788821,Concluida-obra-para-diminuir-o-calor-no-pavilhao-2-da-Festa-da-Uva-em-Caxias.html>. Acesso em: 22 out 2011

<http://www.dicio.com.br/lanternim/>. Acesso em: 22 out 2011

<http://www.logismarket.ind.br/leonardi/sistema-de-ventilacao-e-iluminacao-natural>. Acesso em: 22 out 2011

<http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Ave/ProducaodeFrangodeCorte/Lanternim.html>. Acesso em: 22 out 2011

MARCONI, Marina de Andrade; LAKATOS, Eva Maria. **Fundamentos de metodologia científica**. Porto Alegre: Atlas, 2007.

MAZON, Ana Amélia Oliveira; SILVA, Rodolfo Gonçalves Oliveira da; SOUZA, Henor Artur de. Ventilação natural em galpões: o uso de lanternins nas coberturas. **Rem: Rev. Esc. Minas**, Ouro Preto, v. 59, n. 2, jun. 2006. Disponível em <<http://www.scielo.br/scielo.php>>. Acesso em: 28 out 2011.

MARCATTI, Jovelli; COELHO FILHO, Hamilton da Silva; BERQUÓ FILHO, Jolan Eduardo. In: SEITO, Alexandre Itiu et al. **Segurança contra incêndio no Brasil**. São Paulo: Projeto Editora, 2008. p. 169-179.

MINAS GERAIS. **Decreto 44.746 de 29 de fevereiro de 2008**. Regulamenta a Lei nº 14.130, de 19 de dezembro de 2001, que dispõe sobre a prevenção contra incêndio e pânico no Estado e dá outras providências. Disponível em: <<http://www.bombeiros.mg.gov.br/legislacao.html>>. Acesso em: 5 jan 2012.

MITIDIARI, Marcelo Luis. O comportamento dos materiais e componentes construtivos diante do fogo – Reação ao Fogo. In: SEITO, Alexandre Itiu et al. **Segurança contra incêndio no Brasil**. São Paulo: Projeto Editora, 2008. p. 55-75.

ONO, Rosária. Saídas de emergência, Planos de Abandono e Brigada de incêndio. In: BERTO, Antonio Fernando et al. **Questões atuais da segurança contra incêndio em edificações**. São Paulo: 1998. p. 01-48.

ONO, Rosária; VALENTIN, Marcos Vargas; VENEZIA, Adriana P.P. Galhano. Arquitetura e Urbanismo. In: SEITO, Alexandre Itiu et al. **Segurança contra incêndio no Brasil**. São Paulo: Projeto Editora, 2008. p. 123-134.

PARANÁ. **Código de Segurança contra Incêndio e Pânico**. Regulamenta a Lei nº 16.575, de 28 de setembro de 2010. Disponível em: <[http://www.bombeiroscascavel.com.br/curso\\_cscip/](http://www.bombeiroscascavel.com.br/curso_cscip/)>. Acesso em: 20 jan 2012.

RIO DE JANEIRO. **Decreto nº 897, de 21 de Setembro de 1976**. Regulamenta o Decreto-lei nº 247, de 21 de julho de 1975, que dispõe sobre segurança contra incêndio e pânico. Disponível em: <[http://www.cbmerj.rj.gov.br/index.php?option=com\\_content&view=article&id=176:codigo-de-seguranca-contraincendio-e-panico-decreto-897-de-21091976&catid=7:Informacoes-Tecnicas&Itemid=15](http://www.cbmerj.rj.gov.br/index.php?option=com_content&view=article&id=176:codigo-de-seguranca-contraincendio-e-panico-decreto-897-de-21091976&catid=7:Informacoes-Tecnicas&Itemid=15)>. Acesso em 03 fev 2012.

SANTA CATARINA. **Decreto Estadual nº 4.909, de 18 de outubro de 1994**. Normas de Segurança Contra Incêndios. Florianópolis: Edeme, 1994. Disponível em: <<http://www.cb.sc.gov.br/dat/nsci/NSCI%2094.pdf>>. Acesso em: 20 out 2011.

SÃO PAULO. **Decreto nº 56.819, de 10 de Março de 2011**. Institui o Regulamento de Segurança contra Incêndio das edificações e áreas de risco no Estado de São Paulo e estabelece outras providências. Disponível em: <[http://www.ccb.polmil.sp.gov.br/index.php?option=com\\_content&view=article&id=27&Itemid=40](http://www.ccb.polmil.sp.gov.br/index.php?option=com_content&view=article&id=27&Itemid=40)>. Acesso em 21 out 2011.

SECCO, Orlando. **Manual de prevenção e combate de incêndio**. São Paulo: ABPA, 3. Ed. 1982, V II.

SEITO, Alexandre Itiu. Fundamentos de fogo e incêndio. In: SEITO, Alexandre Itiu et al. **Segurança contra incêndio no Brasil**. São Paulo: Projeto Editora, 2008. p. 35-54.

SEITO, Alexandre Itiu; BERTO, Antonio Fernando. **Tecnologia das Edificações**. São Paulo: PINI, 1998.

SERAFIM, Diego Maciel. **A nocividade dos gases em ocorrências de incêndio**. 2008. 67 f. Monografia (Curso de Formação de Oficiais) – Comando do Corpo de Bombeiros, Centro de Ensino Bombeiro Militar, Bombeiro Militar, Santa Catarina, 2008.

SOUZA, Rogério et al. Lesão por inalação de fumaça. **J. bras.pneumol.** , São Paulo, 2004. v. 30, Ano 6. Disponível em <[http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1806-37132004000600011](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1806-37132004000600011&lng=en&nrm=iso)&lng=en&nrm=iso>. <http://dx.doi.org/10.1590/S1806-37132004000600011>. Acesso em: 20 jan 2012

UNIVERSIDADE DE COIMBRA. **Curso de Especialização em Segurança contra Incêndio em instalações industriais**. 2012 Disponível em <<http://www.dec.uc.pt/aciv/verPdfPanfleto.php?id=11>>. Acesso em: 20 jan 2012