

UNIVERSIDADE FEDERAL DE OURO PRETO – ESCOLA DE MINAS  
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL  
PROGRAMA DE PÓS – GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL

**REAÇÃO AO FOGO DOS MATERIAIS E TEMPO DE  
ESCAPE EM EDIFÍCIOS DE CENTROS COMERCIAIS  
NO BRASIL**

**AUTORA: PAULA ETRUSCO RIBEIRO MOREIRA**

ORIENTADOR: Prof. Dr. Antônio Maria Claret de Gouveia

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação do Departamento de Engenharia Civil da Escola de Minas da Universidade Federal de Ouro Preto, como parte integrante dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Engenharia Civil, área de concentração: Construção Metálica.

Ouro Preto, junho de 2002.

*Ao meu marido e aos meus pais*

## **AGRADECIMENTOS**

Deixo aqui meus agradecimentos a todos que propiciaram a realização deste trabalho, especialmente:

- ao Prof. Claret, orientador e amigo, que me incentivou na condução desta pesquisa;
- aos meus pais, Susana e Sidon, pelo incentivo, apoio e grande ajuda em todos os momentos;
- ao meu marido, Leonardo, pelo incentivo, apoio e compreensão pela minha ausência em muitos momentos;
- a Antônio Fernando Berto, do IPT, pela significativa colaboração técnica;
- a Marcelo Mitidieri e Rosaria Ono, do IPT, pela prontificação e ajuda;
- ao Cel. Ênio do Corpo de Bombeiros de São Paulo, pelo apoio nas pesquisas de campo, disponibilizando seu pessoal e viaturas;
- aos professores do curso, pelo grande aprendizado;
- aos meus colegas de curso, principalmente minhas amigas, Aline e Teca, que sempre me ajudaram e me acolheram em Ouro Preto com tanto carinho;
- aos amigos, Paulinho e Andréia, por me acolherem também com tanto carinho;
- aos funcionários da escola, principalmente à Róvia pela ajuda dispensada;
- aos meus irmãos, Leonardo e Adriana, por estarem sempre prontos a me ajudar.

## RESUMO

A reação ao fogo dos materiais utilizados como revestimento/acabamento nas edificações destaca-se como um dos principais fatores responsáveis pelo crescimento e propagação das chamas, e pelo desenvolvimento de fumaça e gases tóxicos, contribuindo para que o incêndio atinja fases críticas e gere pânico e mortes.

O presente trabalho descreve os resultados de uma pesquisa realizada em centros comerciais de grandes cidades brasileiras com o objetivo de caracterizar a combustibilidade dos materiais empregados na construção das diversas dependências.

O desempenho dos materiais de construção em relação ao fogo é dividido em três classes, conforme recente harmonização de ensaios feita pela Comissão de Normalização Européia, a saber: (a) a reação ao fogo; (b) a resistência ao fogo; (c) a reação à exposição externa à chama. No primeiro grupo, o parâmetro escolhido para descrever a reação ao fogo dos materiais é a sua combustibilidade, medida por várias grandezas que, em geral, visam a determinação do tempo que caracteriza a instalação de um processo sustentado de combustão e da velocidade de propagação superficial de chama.

Nesta pesquisa, os materiais são caracterizados registrando-se a sua localização no compartimento, a espessura, a forma de disposição no ambiente, a toxicidade e a densidade óptica da fumaça. Uma análise de risco de incêndio é feita com base no tempo previsto por meio de expressões empíricas para que condições insustentáveis sejam desenvolvidas nos ambientes e no tempo necessário para que a camada superior de gases quentes atinja uma espessura capaz de comprometer o escape dos usuários.

As conclusões sugerem critérios que limitam a combustibilidade dos materiais empregados nessas edificações com vistas a uma futura normalização brasileira.

## **ABSTRACT**

In this work, an investigation aiming to evaluate the combustibility of linings materials in shopping centers buildings is described.

Materials reaction to fire is classified into three categories as stated in recent work of The European Commission for Standardization: (a) reaction to fire; (b) resistance to fire; (c) reaction to external flames. In the first category combustibility is the chosen parameter to evaluate materials performance in fire.

The materials used in a set of shopping centers buildings floors, walls and ceilings linings were characterized considering its location, thickness, relative position, toxicity and optical density of produced smoke. A fire risk analysis is made using the estimated time needed to create ambient untenable conditions and the available time for escape.

Conclusions suggest criteria to limit combustibility of linings in shopping centers buildings.

# ÍNDICE

<b>RESUMO</b> .....	v
<b>ABSTRACT</b> .....	vi
<b>LISTA DE FIGURAS</b> .....	x
<b>LISTA DE TABELAS</b> .....	xi
<b>LISTA DE SIGLAS</b> .....	xiii
<b>CAPÍTULO 1 – Conceitos Básicos</b> .....	1
1.1    Introdução.....	1
1.2    Caracterização do desenvolvimento de um incêndio padrão.....	5
1.3    Objetivos.....	7
1.4    Justificativa.....	7
1.5    Procedimento metodológico.....	8
1.6    Revisão bibliográfica.....	8
<b>CAPÍTULO 2 – Reação ao Fogo dos Materiais</b> .....	11
2.1    Introdução.....	11
2.2    Ensaio e aceitabilidade.....	13
2.3    Índice de propagação superficial de chamas.....	14
2.4    Densidade ótica de fumaça.....	16
2.5    Incombustibilidade.....	18
2.6    Ignitabilidade.....	18
2.7    Poder calorífico.....	20
2.8    Ensaio de túnel.....	22
2.9    Reação ao fogo do mobiliário.....	23
2.9.1    Fluidodinâmica computacional.....	23
2.9.2    Ensaio de bancada.....	24
2.9.3    Ensaio de mobília.....	24
2.9.4    Ensaio do mobiliário de um compartimento.....	26

<b>CAPÍTULO 3 – Regulamentações Prescritivas.....</b>	<b>27</b>
3.1 Classificação dos materiais.....	27
3.2 Estados Unidos.....	28
3.3 Inglaterra.....	32
3.4 Canadá.....	35
3.5 Japão.....	38
3.6 União Européia.....	42
3.7 Estado de São Paulo, Brasil.....	48
3.8 Análise comparativa.....	54
<b>CAPÍTULO 4 – Tempo Disponível para o Escape Seguro e Reação ao Fogo</b>	
<b>dos Materiais.....</b>	<b>58</b>
4.1 Introdução.....	58
4.2 Tempo necessário para escape.....	60
4.2.1 Capacidade de ocupação.....	61
4.2.2 Características dos ocupantes e tempo de pré-movimento.....	63
4.2.3 Características do movimento.....	64
4.3 Tempo disponível para o escape seguro.....	67
<b>CAPÍTULO 5 – Segurança Contra Incêndio de Centros Comerciais</b>	
<b>Brasileiros: Levantamento da Situação quanto à</b>	
<b>Reação ao Fogo dos Materiais.....</b>	<b>72</b>
5.1 Introdução.....	72
5.2 Centros comerciais no Brasil.....	75
5.2.1 Caracterização do uso.....	75
5.2.2 Caracterização da edificação.....	78
5.2.3 Riscos de incêndio.....	83
5.3 Levantamento de campo.....	85
<b>CAPÍTULO 6 – Análise do Risco de Incêndio em Centros Comerciais.....</b>	<b>94</b>
6.1 Introdução.....	94
6.2 Simulações.....	95

6.2.1	Primeira simulação – carga de incêndio da NBR 14432.....	95
6.2.2	Segunda simulação – carga de incêndio de 100 MJ/m <sup>2</sup> .....	99
6.2.3	Terceira simulação – razão de liberação de calor variável.....	101
6.3	Discussão.....	102
<b>CAPÍTULO 7 – Conclusões e Sugestões.....</b>		<b>104</b>
<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b>		<b>106</b>
<b>ANEXO.....</b>		<b>113</b>



## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Fases de desenvolvimento de um incêndio.....	5
Figura 2 – Aparelho que determina o índice de propagação superficial de chama.....	15
Figura 3 – Aparelho que determina a densidade ótica da fumaça.....	17
Figura 4 – Aparelho que determina a incombustibilidade.....	19
Figura 5 – Esquema do teste.....	20
Figura 6 – Esquema geral da bomba calorimétrica.....	21
Figura 7 – Calorímetro de cone.....	25
Figura 8 – Razão de liberação de calor em função do fluxo externo.....	25
Figura 9 – Calorímetro de mobília conforme previsto pela NT Fire 032.....	26
Figura 10(a) – Faixa.....	79
Figura 10(b) – “L”.....	79
Figura 10(c) – “U”.....	80
Figura 10(d) – Conjunto.....	80
Figura 10(e) – “T”.....	81
Figura 10(f) – Triângulo.....	81
Figura 10(g) – Conjunto Balança.....	82
Figura 10(h) – Duplo Conjunto Balança.....	82
Figura 11 – Área de circulação: centro comercial A.....	90
Figura 12 – Área de circulação: centro comercial B.....	90
Figura 13 – Área de circulação: centro comercial C.....	91
Figura 14 – Cinema A.....	91
Figura 15 – Compartimento em planta.....	95
Figura 16 – Compartimento em elevação.....	98

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Descrição da ocupação por grupos e divisões.....	30
Tabela 2 – Classes de propagação superficial de chamas.....	31
Tabela 3 – Classe de propagação superficial de chama em função do tipo de ocupação.....	32
Tabela 4 – Classificação dos materiais em função da propagação de chama.....	33
Tabela 5 – Classificação dos revestimentos por localidade.....	33
Tabela 6 – Descrição da ocupação por grupos e divisões.....	34
Tabela 7 – Classes de propagação superficial de chamas.....	36
Tabela 8 – Máximos valores de propagação superficial de chama e de desenvolvimento de fumaça para edifícios altos.....	36
Tabela 9 – Descrição da ocupação por grupos e divisões.....	37
Tabela 10 – Ensaio de classificação dos materiais com relação à incombustibilidade.....	39
Tabela 11 – Classificação requerida para os materiais de acabamento interno das edificações.....	40
Tabela 12 – Características de reação ao fogo das Euroclasses para materiais utilizados na construção civil.....	44
Tabela 13 – Características das classes.....	45
Tabela 14 – Resumo do ensaio e normas complementares para classificar a performance da reação ao fogo dos materiais de construção na Europa.....	45
Tabela 15 – Classes de performance da reação ao fogo para materiais de construção, excluindo pisos.....	46
Tabela 16 – Classes de performance da reação ao fogo para pisos.....	47
Tabela 17 – Classificação das edificações e áreas de risco quanto à ocupação.....	49
Tabela 18 – Classe dos materiais a serem utilizados considerando grupo/divisão da ocupação/uso em função da finalidade do material.....	54
Tabela 19 – Classificação dos materiais conforme velocidade de propagação de chama e emissão de fumaça.....	56

Tabela 20 – Fatores de ocupação dados pelas normas inglesa e espanhola.....	62
Tabela 21 – Valores do tempo de pré-movimento.....	64
Tabela 22 – Larguras de camada limite.....	64
Tabela 23 – Velocidade de deslocamento em escadas.....	66
Tabela 24 – Dados globais da indústria.....	76
Tabela 25 – Participação de cada estado no total da indústria de shoppings.....	76
Tabela 26 – Evolução do número de shoppings.....	77
Tabela 27 – Empregos diretos gerados.....	77
Tabela 28 – Materiais ensaiados pelo IPT, segundo a densidade ótica da fumaça.....	87
Tabela 29 – Materiais ensaiados pelo IPT, segundo o índice de propagação superficial de chamas.....	88
Tabela 30 – Dados encontrados no item 2 da Planilha de Levantamento de Campo.....	92
Tabela 31 – Relação de materiais de acabamento/revestimento padrão dos centros comerciais.....	93
Tabela 32 – Razão de liberação de calor.....	101
Tabela 33 – Fluxo de massa temperatura e volume de fumaça.....	102
Tabela 34 – Densidade ótica e distância de visibilidade.....	102

## **LISTA DE SIGLAS**

ABL – Área Bruta Locável

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas

ABRASCE – Associação Brasileira de Shoppings Centers

ASET – Available Safe Egress Time

ASTM – American Society for Testing and Materials (Estados Unidos)

BR – Building Regulations (Inglaterra)

BS – British Standards

BSI – British Standard Institution

CAN/ULC – Underwriters Laboratories of Canada

CBM/PMESP – Corpo de Bombeiros Militar da Polícia Militar do Estado de São Paulo

CEE – Comunidade Econômica Européia

CEN – Comissão Européia de Normalização

CFD – Computational Fluidodynamics Models

COE – Código de Obras e Edificações

ICBO – International Conference of Building Official (Estados Unidos)

Ip – Índice de Propagação Superficial de Chama

IPT – Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo S. A.

ISO – International Organization for Standardization

IT – Instrução Técnica

NBC – National Building Code (Canadá)

NBE – Norma Básica de la Edificación

NBR – Norma Brasileira Registrada

NBS – National Bureau of Standards

NFPA – National Fire Protection Association (Estados Unidos)

SBI – Single Burning Item

SF – Small Flame

UL – Underwriters Laboratories

# CAPÍTULO 1

---

## CONCEITOS BÁSICOS

### 1.1 INTRODUÇÃO

A segurança de um edifício contra incêndio deve ser considerada desde a concepção até a fase final do projeto e na sua construção e manutenção. THOMAS (1978, apud BERTO, 1991, p.2) cita o Código de Edificações dinamarquês que afirma: “Todo o edifício deve ser concebido e executado de tal maneira ou pela utilização de tais materiais que, levando-se em consideração o seu uso e localização, será obtida em caso de incêndio segurança para os seus usuários, incluindo equipamentos adequados à proteção das pessoas e aos trabalhos de extinção de incêndio. Deve também oferecer segurança razoável contra a propagação do mesmo aos edifícios adjacentes ou às atividades desenvolvidas em lotes contíguos”. De acordo com MITIDIERI (1998), os requisitos funcionais que devem ser atendidos pelos edifícios consistem em:

- a) dificultar a ocorrência do princípio de incêndio;
- b) ocorrido o princípio de incêndio, dificultar a ocorrência da inflamação generalizada<sup>(1)</sup> (*flashover*) do ambiente;
- c) possibilitar a extinção do incêndio no ambiente de origem, antes que a inflamação generalizada ocorra;
- d) instalada a inflamação generalizada no ambiente de origem do incêndio, dificultar a propagação do mesmo para outros ambientes;
- e) permitir a fuga dos usuários do edifício;
- f) dificultar a propagação do incêndio para edifícios adjacentes;
- g) manter o edifício íntegro, sem danos, sem ruína parcial e/ou total;
- h) permitir operações de combate ao fogo e de resgate ou salvamento de vítimas.

(1) Inflamação superficial, num mesmo instante, de todos os materiais combustíveis, contidos no ambiente, submetidos a uma dada radiação.

Segundo BERTO (1991), o comportamento dos materiais, frente ao fogo, diz respeito às seguintes propriedades:

- a) facilidade com que sofrem a ignição;
- b) capacidade de sustentar a ignição;
- c) razão de desenvolvimento de calor;
- d) rapidez de propagação superficial de chama;
- e) desprendimento de partículas em chamas (quando ignizado);
- f) desenvolvimento de fumaça e gases nocivos.

A interação do incêndio com uma edificação é muito complexa, uma vez que envolve o caráter aleatório do incêndio com um grande número de parâmetros que definem a estrutura, a arquitetura e a ocupação da edificação. O mecanismo segundo o qual se desenvolve a reação de combustão em cadeia (de forma descontrolada) é o seguinte: a fonte de calor (fonte de ignição) provoca a decomposição química do material combustível (pirólise) que libera gases combustíveis que reagem exotermicamente com o oxigênio (chamas). O calor liberado pela reação exotérmica inicial causa a pirólise dos demais materiais combustíveis, tornando-se uma reação em cadeia (CLARET, 2000a.).

O conhecimento do comportamento dos materiais, por parte de quem elabora o projeto de um edifício, pode impedir a ocorrência de situações indesejáveis, como o fácil surgimento e a rápida evolução do incêndio, criando situações de risco para as pessoas e o patrimônio.

Durante o processo de seleção dos materiais construtivos (revestimento/acabamento) a serem utilizados em uma edificação, deve-se evitar os que possuem facilidade de sofrer ignição e os que a sustentam. Um incêndio não deve se iniciar a partir dos materiais que compõem o edifício. Os materiais que estão contidos no edifício, que são objeto de uso e não construtivos, são os que normalmente se ignizam em primeiro lugar, mas a propagação aos materiais de construção deve ser evitada, a fim de não promover maiores danos à estrutura, possibilitando uma segurança maior para a fuga dos ocupantes.

De acordo com HARMATHY (1984, apud BERTO, 1991, p.213), a possibilidade de um foco de incêndio extinguir-se ou evoluir em um grande incêndio, atingindo a fase de inflamação generalizada, depende de quatro fatores:

- a) razão de desenvolvimento de calor pelo primeiro objeto ignizado;
- b) carga térmica total (quantidade total de material combustível no ambiente de origem);
- c) características dos materiais de revestimento sob o ponto de vista de sustentar a ignição e propagar (superficialmente) as chamas;
- d) inércia térmica dos materiais de revestimento.

Segundo MARTIN e PERIS (1982, apud MITIDIERI, 1998), em um ambiente com oxigênio em abundância, a inflamação generalizada ocorre em um tempo máximo de 20 minutos após o início do incêndio. Uma vez atingida a inflamação generalizada, resta apenas o trabalho de combate por parte dos bombeiros, visando abaixar a temperatura com rapidez.

O fato de os incêndios serem fenômenos extremamente violentos e essencialmente aleatórios faz da evacuação dos locais de maior risco a estratégia mais confiável de salvamento de vidas humanas. De fato, não sendo possível controlar no nível desejável a severidade dos incêndios, os projetos de edificações devem incluir medidas ativas e passivas que facilitem o escape das pessoas. Trata-se de um tipo de projeto de segurança contra incêndio que pode ser relativamente simples nos casos de edificações térreas com reduzido número de usuários, mas podem ser complexos em edificações de grande altura com grande número de usuários potencialmente sujeitos aos efeitos dos incêndios.

Um aspecto importante na definição do projeto de evacuação das edificações é que ele deve incluir a movimentação de pessoas sujeitas a condições ambientais alteradas e a condições psicológicas que caracterizam o estado de pânico. O projeto dos meios de escape deve necessariamente contemplar esses dois aspectos sob o risco de não serem funcionais no evento de um incêndio.

A reação ao fogo dos materiais, notadamente os de revestimento de pisos, paredes e tetos, tem grande influência sobre o tempo disponível para a evacuação das pessoas dos compartimentos envolvidos em incêndios. De fato, a velocidade com que condições insustentáveis são criadas em um ambiente depende de parâmetros como a velocidade de propagação das chamas, o volume e a densidade óptica da fumaça gerada e da razão de liberação de calor. No caso das edificações em que a ocupação é aberta ao

público, podendo haver ocasionalmente grande concentração de usuários, o controle da reação ao fogo dos materiais é importante na redução do risco de danos à vida.

O projeto do escape dos ocupantes de um dado compartimento atingido pelos efeitos de um incêndio baseia-se no modelamento de seu movimento na direção de saídas de emergência antes que se criem condições insustentáveis para a vida humana. Portanto, os parâmetros fundamentais de projeto são a origem e o destino do movimento, a reação humana que o determina e as condições psicológicas em que ele ocorre e a geração de condições insustentáveis para a vida humana durante o escape.

As rotas de escape são os elementos essenciais do projeto de evacuação de uma edificação, concebidos para estarem livres da ação do incêndio durante a sua ocorrência. E um princípio básico da filosofia de projeto é que todo usuário de uma edificação deve poder, movendo-se em direção oposta ao incêndio, abandonar o compartimento por ele atingido. Isto deveria ser alcançado através da disposição de alternativas de rotas de escape, exceto onde pode ser explicitamente demonstrado que uma única direção de escape é aceitável.

Durante o desenvolvimento do incêndio, a reação ao fogo dos materiais construtivos é de extrema importância, pois é fundamental a forma e a magnitude com que o material libera calor. Em função disto, ocorrem o odor, a fumaça, a necessidade ou não da solicitação de socorro aos bombeiros e os demais procedimentos para a extinção do incêndio, tendo papel fundamental no salvamento de pessoas e bens.

A importância da reação ao fogo dos materiais é resumida da seguinte forma: as chamas, a fumaça, o calor do fogo, o número de vítimas, o pânico dos usuários e a severidade do incêndio, estão relacionados com a reação ao fogo dos materiais combustíveis contidos no edifício e os agregados ao sistema construtivo. Já a integridade dos elementos de compartimentação e estruturas, a dificuldade de propagação do fogo entre compartimentos, a eficácia da atuação dos elementos de extinção e as possíveis vidas resgatadas e bens salvados dependem da resistência ao fogo dos materiais que compõem o edifício e da sua própria estrutura (MITIDIARI, 1998).



## 1.2 CARACTERIZAÇÃO DO DESENVOLVIMENTO DE UM INCÊNDIO PADRÃO

A maioria dos incêndios segue uma forma padrão de desenvolvimento e extinção, mas quantitativamente podem ser bem diferentes. A Figura 1 mostra as fases do incêndio, sem que ocorra alguma medida de combate.

As fases do incêndio compreendem:

- a) Início do incêndio – compreende a ignição e o desenvolvimento de uma reação de combustão auto-sustentável. Em geral, a fonte de ignição é pequena e contém pouca energia. Mas se esta quantidade de energia for suficiente para dar início à pirólise do material combustível, ela também é suficiente para dar início a um incêndio.

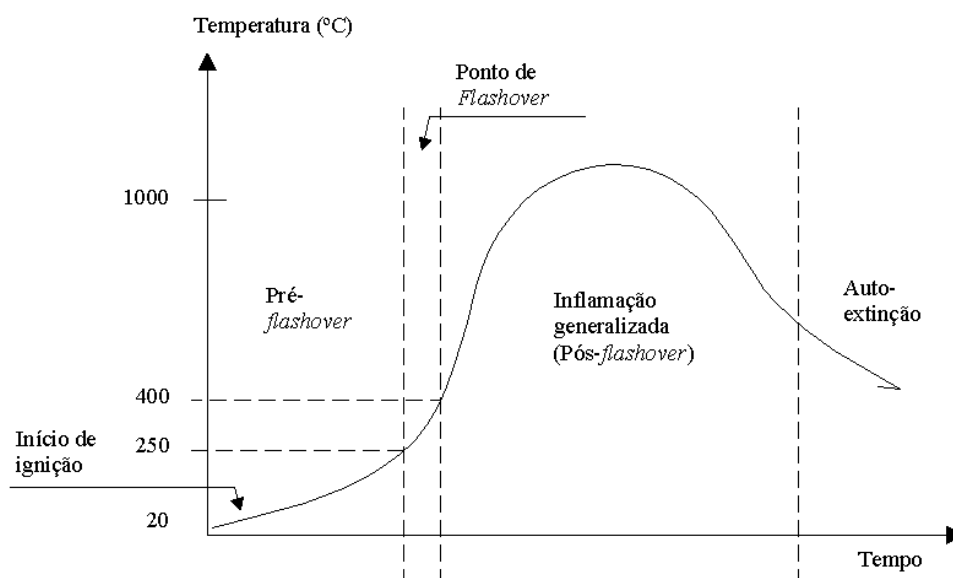


Figura 1 – Fases de desenvolvimento de um incêndio

A ignição pode se iniciar das seguintes formas:

- 1) por meio de uma chama piloto (de um fósforo ou de uma faísca elétrica);
- 2) por meio de uma ignição espontânea, em um ambiente onde a quantidade de calor irradiado é suficientemente alta para este desenvolvimento;

3) por meio de uma combustão espontânea de certa massa de combustível sólido, onde também a quantidade de calor irradiado do ambiente é suficientemente alta.

A combustão pode ocorrer com a ausência de chamas ou com a presença de chamas. A combustão sem chamas é lenta e pode durar horas ou dias e pode se extinguir sem desenvolver a combustão com chamas. Pode ser perigosa devido à fumaça, geração de gases tóxicos e por não desenvolver calor suficiente para a ativação dos detectores de calor e chuveiros automáticos. Na combustão com chamas, uma fonte externa de calor é necessária para o início da combustão, exceto para líquidos inflamáveis.

- b) Fase pré-*flashover* – corresponde ao início da combustão, com formação de chamas, onde o fogo se propaga para os materiais combustíveis adjacentes. A propagação pode continuar, se materiais combustíveis estiverem próximos da fonte de ignição inicial ou se os equipamentos de extinção e controle do fogo não forem acionados. A taxa de desenvolvimento do incêndio depende da geometria, da combustibilidade e da forma de disposição do material combustível.
- c) Fase pós-*flashover* – quando o incêndio não se extingue na fase pré-*flashover*, a irradiação de calor, a partir das chamas, provoca a elevação da temperatura no compartimento e nas superfícies expostas. Quando a temperatura dos gases na camada superior do ambiente chega a 600°C e a irradiação no nível do piso atinge 20 kW/m<sup>2</sup>, os materiais combustíveis expostos incendiam-se instantaneamente: é a fase de inflamação generalizada que se caracteriza pela taxa de liberação de calor muito alta. Nesta fase, a disposição do material combustível e as propriedades térmicas das paredes e do teto afetam a duração e a intensidade dos incêndios. “Não é possível sobreviver a um incêndio pós-*flashover* por causa das altas temperaturas, das altas concentrações de monóxido de carbono, da fumaça e da falta de oxigênio” (CLARET, 2000a.).
- d) Fase de extinção do incêndio – ocorre quando a quantidade de calor liberada pela combustão não é mais suficiente para manter a elevação da temperatura.

Aqui, o material combustível já teve uma significativa parcela consumida (entre 60% e 80%).

### **1.3 OBJETIVOS**

O presente trabalho tem por objetivo avaliar os níveis de emprego do controle da reação ao fogo dos materiais de acabamento/revestimento na prevenção do risco de incêndio em edificações de centros comerciais brasileiros. Destina-se, também, a formar uma base conceitual e de observação para o desenvolvimento de uma futura norma brasileira que estabeleça exigências mínimas quanto à reação ao fogo dos materiais.

### **1.4 JUSTIFICATIVA**

Uma pesquisa realizada pela ABRASCE (Associação Brasileira de Shopping Centers) em fevereiro de 2002 mostra que, dos 240 *shoppings* pesquisados em todo o país, 219 estão em operação. São 943 cinemas, cerca de 385 mil vagas de estacionamento, 5.441.901 metros quadrados de área bruta locável (ABL) e cerca de 419.000 empregos diretos. A pesquisa também detectou uma estimativa de tráfego de mais de 100 milhões de pessoas por mês e o aumento da importância do setor de entretenimento, que já corresponde a 12% da ABL. A pesquisa conseguiu perceber a entrada dos cinemas *multiplex* (várias salas no mesmo local) que também contribuem para o aumento do fluxo de pessoas. O lazer está presente em 91% dos *shoppings*, sendo as salas de cinema a diversão mais constante (84% têm salas de cinema e, deles, 21% têm *multiplex*). A média de salas de cinema é de cinco por *shopping*.

Sabe-se que o tempo de evacuação de uma edificação no evento de um incêndio é função, entre outros fatores, da velocidade de propagação do incêndio, do volume de fumaça gerado na fase de pré-inflamação generalizada e da toxicidade dos gases. Ora, sendo a preservação da vida humana o principal objetivo da segurança contra incêndio em todas as normas, o controle da carga de fumaça e da velocidade de formação da nuvem de gases quentes em um ambiente incendiado torna-se uma etapa essencial do projeto. Ocorre que os materiais de revestimento comumente utilizados nas edificações de centros comerciais atuais são, em geral, fabricados à base de polímeros que, em

combustão, freqüentemente liberam gases tóxicos além de ocasionalmente permitirem rápida propagação do fogo, seja pela quantidade de calor gerado na unidade de tempo, seja pela velocidade de propagação de chama.

O presente trabalho justifica-se como um estudo básico para desenvolvimento de uma norma brasileira que trate da reação ao fogo dos materiais tipicamente usados na construção dos edifícios de centros comerciais brasileiros. Considerando o aspecto do tempo de evacuação do qual depende toda a regulamentação das saídas de emergência, trata-se de conhecer a situação das edificações brasileiras, o grau de risco a que estão sujeitos os seus ocupantes e as técnicas de projeto hoje disponíveis para esse fim. Após essa etapa, a elaboração de uma proposta de norma brasileira que discipline esse assunto poderá ser feita com base no conhecimento da realidade brasileira.

## **1.5 PROCEDIMENTO METODOLÓGICO**

Um conjunto de edifícios de centros comerciais representativos da construção brasileira foi analisado, buscando-se caracterizar, quanto à reação ao fogo, os materiais de acabamento utilizados e as condições das saídas de emergência, procurando avaliar as condições de escape dos usuários. A reação ao fogo foi caracterizada com base em bancos de dados internacionais, utilizando-se critérios normativos.

Em particular, quanto ao tempo de escape, a sua avaliação foi realizada mediante formulações de modelos existentes e publicados na literatura, após uma discussão sobre a adaptabilidade às condições brasileiras.

## **1.6 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA**

A combustibilidade dos materiais é medida através de ensaios específicos. No Brasil, a "NBR 9442/1986 – Materiais de Construção – Determinação do Índice de Propagação Superficial de Chama pelo Método do Painel Radiante" determina os procedimentos para realização do ensaio de combustibilidade. Entretanto, a regulamentação das exigências quanto aos materiais de revestimento externo e interno das edificações é inexistente no Brasil. Em países estrangeiros, diversas normas de ensaio estão disponíveis e a regulamentação oficial estabelece exigências sobre classes

de combustibilidade para os materiais usados em revestimento conforme a ocupação das edificações e o seu afastamento das edificações vizinhas. Entre essas, citam-se as normas *Introduction to The Standard Law of Ministry of Construction*, do Governo do Japão; *Uniform Building Code/Uniform Fire Code* do *International Conference of Building Official (ICBO,1994)*; *National Building Code of Canada (NBC)*; *British Standard 476*.

Quanto à regulamentação da carga de fumaça, verifica-se que é incipiente em todo o mundo, sendo utilizada mais no nível dos projetos feitos com o enfoque de desempenho (*performance based design*) do que por exigência normativa.

No Brasil, a pesquisa do tema deste trabalho é muito reduzida, concentrando-se em iniciativas recentes do grupo de pesquisadores do IPT (Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo S.A.). BERTO (1991), em sua dissertação de mestrado, "Medidas de proteção contra incêndio: aspectos fundamentais a serem considerados no projeto arquitetônico dos edificios", desenvolve uma metodologia para a consideração da segurança contra incêndio durante a fase de projeto arquitetônico. O autor esclarece e acentua o papel das variáveis associadas ao projeto arquitetônico e define para cada uma delas uma série de condições a serem atendidas para se obter o equacionamento e a solução da segurança contra incêndio nos edificios. Assim sendo, diretrizes gerais para abordagem do problema da reação ao fogo dos materiais e da geração e propagação de fumaça são fornecidas. MITIDIERI (1998) em recente dissertação de mestrado, intitulada "Proposta de classificação de materiais e componentes construtivos com relação ao comportamento frente ao fogo - reação ao fogo", descreve o estado da arte da pesquisa da reação ao fogo dos materiais através da análise das regulamentações nacionais e internacionais e propõe ensaios para selecionar os materiais utilizados como revestimento.

SMITH (2001) descreve as recentes providências que vêm sendo tomadas pela Comunidade Econômica Européia no sentido de harmonizar os diversos ensaios, utilizados nos estados membros, para caracterizar a reação ao fogo dos materiais.

Formulações para avaliação do tempo de escape têm sido pesquisadas, principalmente nos últimos anos, em que as normas de projeto baseadas no desempenho têm sido objeto de atenção. Em 1997, a *British Standard Institution* publicou um documento provisório referido como BSI-DD240 (1997) que descreve uma metodologia

de projeto baseado em desempenho com modelos determinísticos para o cálculo de vários parâmetros importantes na caracterização de um incêndio, incluindo o tempo de escape. BUCHANANN (1994) discute a formulação usada pela norma *New Zealand Building Code*.

No que tange a avaliações experimentais do tempo de escape, SHIELDS e BOYCE (2000) discutem diversos trabalhos nesta área, desenvolvidos entre 1956 e 1998. Simulações numéricas são discutidas por SHIH *et al* (2000).

## CAPÍTULO 2

---

### REAÇÃO AO FOGO DOS MATERIAIS

#### 2.1 INTRODUÇÃO

Apesar de ser uma orientação geral de projeto a redução do uso de materiais combustíveis na construção das edificações, é certo que os incêndios continuarão ocorrendo em todo o mundo. No Brasil, em particular, é uma preocupação a exigüidade da regulamentação estabelecendo exigências mínimas quanto à reação ao fogo dos materiais e a escassez dos laboratórios capazes de realizar ensaios de determinação dos parâmetros de controle o que, combinado à deficiência de formação de engenheiros e arquitetos nesta área, pode resultar em projetos inseguros. Mesmo as edificações de padrão de valor elevado, como os centros comerciais e, dentro deles, os cinemas e teatros, podem ter um comportamento indesejável em situação de incêndio, uma vez que se trata de um déficit tecnológico e não de uma questão do grau de investimento.

Uma vez iniciada a ignição, o desenvolvimento do incêndio depende da reação ao fogo dos materiais e do projeto da edificação. É importante salientar que a evolução de um incêndio puntual ou, mesmo, superficial, para um incêndio volumétrico, capaz de generalizar-se, depende da quantidade e da razão de liberação do calor mormente pelo conteúdo da edificação. A segurança dos ocupantes é diretamente afetada pela razão de liberação do calor, porque esta determina o tempo disponível para o escape.

Para elevar o tempo disponível para o escape, a regulamentação da segurança contra incêndio tende a restringir determinados parâmetros que caracterizam a reação ao fogo dos materiais. Em geral, as restrições são impostas em função da geometria da edificação, da carga de incêndio, da existência de chuveiros automáticos, de alarmes e da mobilidade da população de usuários.

A determinação de exigências mínimas dos materiais de construção quanto à reação ao fogo pode ser feita no contexto de uma estrutura de regulamentação

prescritiva. Nesse caso, valores extremos de determinados parâmetros são estabelecidos empiricamente sempre tendo em vista a semelhança com regulamentações estrangeiras. No contexto de uma regulamentação baseada em desempenho, os parâmetros de reação ao fogo não são em si mesmos critérios de aceitação dos materiais; nesse caso, o modelamento de incêndios é que determinará a eventual adequação do material.

Em um compartimento, quando um objeto inicia um processo de ignição, durante um curto período de tempo, a ignição ocorre como ocorreria em um local aberto. Decorrido certo tempo, o confinamento passa a influir no desenvolvimento do incêndio. A fumaça produzida pela combustão se eleva (o objeto pode ser visto como uma bomba de fumaça), formando um colchão de gases quentes abaixo do teto o que aquece o teto e as partes superiores das paredes. Essas partes aquecidas do compartimento aquecem, por sua vez, os demais objetos situados no compartimento.

Observa-se que o incêndio poderá extinguir-se se o primeiro objeto a sofrer ignição queimar-se completamente antes que outros iniciem uma ignição ou se o oxigênio necessário não estiver disponível no compartimento. Mas, pode ocorrer que o aquecimento dos demais objetos leve-os à temperatura de ignição aproximadamente de modo simultâneo, o que ocasiona a generalização do incêndio ou *flashover*.

A descrição básica do incêndio compartimentado, como feita acima, ilustra a importância de dois aspectos relativos à segurança contra incêndio, diretamente dependentes da reação ao fogo dos materiais. O primeiro deles refere-se ao papel preponderante que o acabamento superficial das paredes e do teto pode ter na rápida propagação do fogo, influenciando em muito a probabilidade de generalização do incêndio, mesmo sendo as paredes e o teto incombustíveis. O segundo refere-se à influência que a altura do colchão de gases quentes tem sobre o tempo disponível para escape seguro (*available safe egress time*), ASET. Quando se considera a segurança dos usuários de uma edificação, ASET deve ser tal que condições insustentáveis para a vida humana não sejam geradas no compartimento pelo processo de combustão e depende fundamentalmente da espessura das diversas camadas do colchão de gases quentes.

O exame de dados estatísticos estrangeiros revela que tanto os objetos contidos em um compartimento quanto o revestimento de paredes e tetos são importantes no desenvolvimento dos incêndios. Para ilustrar, o incêndio de Coconut Grove Night Club, nos Estados Unidos, em 1940, em que 492 pessoas morreram, teve esta



severidade porque as chamas se propagaram rapidamente por um revestimento de algodão que cobria paredes e teto (MEHAFFEY, 1987). No Brasil, a análise das gravações em vídeo mostra que o incêndio do cenário onde ocorria o Show da Xuxa e o incêndio da casa de espetáculos Canecão Mineiro tiveram as suas severidades enormemente agravadas pela excessiva combustibilidade dos materiais de acabamento utilizados.

Nesse capítulo, discutem-se os diversos parâmetros utilizados para quantificar a reação ao fogo dos materiais. Em geral, os ensaios e as grandezas medidas diferem ligeiramente de país a país, mesmo porque, em que pese a lentidão com que as normas e regulamentos, em geral, são alterados, a experiência ocasiona certo grau de adaptação dos ensaios ao longo dos anos. Em uma perspectiva de projeto baseado em desempenho, a reação ao fogo e o ensaio correspondente que a evidencia podem ser distintos em diversas situações. A descrição feita aqui tem por base a norma brasileira ou uma norma estrangeira consagrada internacionalmente.

## **2.2 ENSAIOS E ACEITABILIDADE**

Os ensaios realizados com os materiais não os estudam ou os julgam quanto à sua aceitabilidade. Não se pode olhar os resultados dos ensaios para saber se um material é satisfatório ou não. A aceitabilidade de um material depende das qualidades do próprio material, bem como de um grande número de fatores externos, principalmente do nível de risco de incêndio da situação na qual o material é utilizado. Em cada caso, deve-se fazer uma avaliação subjetiva dos riscos envolvidos e decidir, de acordo com os resultados dos ensaios, se um material é ou não capaz de atender àquela situação. Portanto, o ensaio por si só não decide a aceitabilidade do material; ele apenas mede suas qualidades, para serem utilizados nas adequadas situações de acordo com o risco de incêndio estabelecido.

Os diferentes métodos de ensaio adotados possibilitam a identificação de características importantes que os materiais apresentam numa situação de incêndio. Os ensaios, em geral, são executados em escala reduzida e determinam basicamente as características de propagação superficial de chama, produção de fumaça, incombustibilidade e desenvolvimento de calor.

## 2.3 ÍNDICE DE PROPAGAÇÃO SUPERFICIAL DE CHAMAS

A NBR 9442/1986 prescreve um método para determinar o índice de propagação superficial de chama em materiais de construção, que é prático, apresenta fácil repetibilidade e reprodutibilidade, e é de fácil execução. Por estas razões, é considerado um método de ensaio completo.

De acordo com a NBR 9442/1986: “O índice obtido por este ensaio é aplicável para medir e descrever a propagação superficial de chama nos materiais e não deve ser utilizado para fixar o grau de segurança contra incêndio; entretanto, os valores obtidos permitem verificar comparativamente qual o material mais conveniente para a segurança contra incêndio, por ocasião do levantamento dos fatores que fixam este grau de segurança para projeto particular face a incêndio real”.

A determinação do índice de propagação superficial de chama envolve o produto de dois fatores: fator de evolução do calor ( $Q$ ) e o fator de propagação de chama ( $P_c$ ). O fator de evolução do calor é a relação entre a variação da temperatura no ensaio, devida à queima do material, e a razão de desenvolvimento do calor. O fator de propagação de chama é a velocidade com que a chama percorre a superfície do material nas condições de ensaio.

Os corpos-de-prova da amostra representativa do material a ser ensaiado devem ser quatro, idênticos e com as seguintes dimensões: comprimento = 460 mm; largura = 150 mm. Eles devem ser preparados de modo a reproduzir, o mais fielmente possível, as condições de uso do material. Devem ser mantidos em estufa com ventilação forçada a  $(60 \pm 3) ^\circ\text{C}$  por 24 h e a seguir condicionados, até o equilíbrio, em câmara climatizada com temperatura de  $(23 \pm 3) ^\circ\text{C}$  e umidade relativa de  $(50 \pm 5)\%$ .

O procedimento de ensaio é o seguinte:

- i) o material é disposto inclinado a  $30^\circ$ , em frente a um painel radiante, Figura 2, que consiste em placa porosa de cerâmica refratária com superfície radiante medindo 300 mm x 460 mm fixada a uma armação de ferro fundido e alimentada com mistura de combustível propano e ar, possibilitando temperatura de operação de até  $800 ^\circ\text{C}$ . O painel radiante é calibrado para fornecer um fluxo de energia térmica variando de aproximadamente  $3\text{W}/\text{cm}^2$

(na região do corpo-de-prova mais próxima ao painel) até  $0,78 \text{ W/cm}^2$  (na região do corpo-de-prova mais distante do painel), por um período de 15 minutos;

- j) uma chama piloto, posicionada na porção superior do corpo-de-prova, é aplicada desde o início do ensaio;
- k) caso ocorra a ignição, a propagação da chama sobre a superfície do material é facilmente acompanhada, pois como a frente da chama corre no sentido oposto, isto é, de cima para baixo, não existe interferência das labaredas sobre a superfície que ainda não se ignizou.



Figura 2 – Aparelho que determina o índice de propagação superficial de chama ( $I_p$ ) – FONTE: IPT.

## 2.4 DENSIDADE ÓTICA DE FUMAÇA

A densidade ótica da fumaça é determinada através da opacidade oferecida pela fumaça, disposta entre uma fonte luminosa e um receptor que mede a transmitância de luz recebida. Este método é determinado pela norma ASTM E 662 – *Specific optical density of smoke generated by solid materials*. Por ser um ensaio em pequena escala, é um método bastante prático, e sua repetibilidade e reprodutibilidade são confiáveis.

Este método emprega uma fonte de energia radiante eletricamente aquecida, montada dentro de um tubo cerâmico e posicionada de tal forma que produz um nível de irradiação de  $2,5 \text{ W/cm}^2$ , em média, acima da área do diâmetro central (38,1 mm) da amostra montada verticalmente, faceando o aquecedor radiante. A amostra, de 76,2 mm por 76,2 mm, é montada dentro de um prendedor que expõe uma área de 65,1 mm por 65,1 mm. O prendedor pode acomodar amostras acima de 25,4 mm de espessura. Esta exposição promove uma condição de ensaio não inflamável.

Para a condição inflamável, um queimador de seis tubos é usado para aplicar uma fileira de chamas equidistantes através do menor lado da área da amostra exposta e dentro do prendedor da amostra. Esta aplicação da chama, acrescida do nível de irradiação especificado do elemento aquecido, provoca a combustão do material.

As amostras são, então, expostas a condições inflamáveis e não inflamáveis, descritas acima, dentro de uma câmara fechada, Figura 3. Um sistema fotométrico com um feixe vertical de luz é usado para medir a variação da transmitância da luz, à medida que se acumula a fumaça. As medidas da transmitância da luz são usadas para calcular a densidade ótica específica da fumaça gerada durante um dado período de tempo. As exposições distintas referem-se à disposição do material em frente de uma mesma fonte de radiação, porém uma delas com uma chama piloto. O estabelecimento de valores máximos aceitáveis é obtido a partir do obscurecimento que a fumaça oferece à visão humana.

Para estabelecer um critério de aceitabilidade dos materiais, o *Underwriters Laboratories* (UL) realizou ensaios preenchendo uma sala com a fumaça proveniente da queima de determinado material. Esta sala continha sinais luminosos de emergência como os utilizados em uma edificação. Foram anotados os tempos, em função dos vários estágios de opacidade causados pelo acúmulo de fumaça. Através destes ensaios,

chegou-se a um valor considerado tolerável de 450 (LATHROP, 1991 apud MITIDIERI, 1998). No Brasil, o IPT também tem adotado o valor do índice de densidade ótica de fumaça máximo permitido em 450, tendo como objetivo evitar, ainda na primeira fase do incêndio, o rápido obscurecimento dos caminhos de fuga.



Figura 3 – Aparelho que determina a densidade ótica da fumaça

FONTE: IPT.

## 2.5 INCOMBUSTIBILIDADE

A classificação dos materiais como combustíveis ou incombustíveis é muito útil para uma seleção. O ensaio proposto pela ISO 1182 – *Fire Tests – Building materials – Non-combustibility test* é capaz de verificar quais materiais não irão contribuir para os riscos de crescimento e propagação do incêndio. Este ensaio foi desenvolvido para selecionar materiais que produzem uma quantidade reduzida de calor ou não se ignizam, quando submetidos a temperaturas próximas a 750°C.

É um método de boa repetibilidade e prático. Verifica a elevação da temperatura, a ocorrência de chamejamento e a perda de massa sofrida pelo material. Os corpos-de-prova são cilíndricos (45 mm de diâmetro por 50 mm de altura) e colocados um a um dentro de um forno que se encontra a 750°C. É verificada a elevação da temperatura do material e a sua capacidade de manter a combustão em chamas, determinando sua combustibilidade. A perda de massa é verificada em materiais que apresentam densidade reduzida, e/ou sejam muito inflamáveis e desenvolvam altas temperaturas, as quais não podem ser registradas pelo aparelho. Neste caso, a perda de massa costuma ser considerável, o que classificaria o material como combustível. Os critérios para a classificação são os seguintes:

- a) não poderá ocorrer elevação da temperatura do forno em valor igual ou superior a 30°C para a Classe A e 50°C para a Classe B;
- b) chamejamentos que ocorrem devem ter duração inferior a 5 segundos para a Classe A e 20 segundos para a Classe B;
- c) a perda de massa dos corpos-de-prova, para qualquer Classe, não pode ser superior a 50% do peso inicial.

A Figura 4 apresenta o equipamento de ensaio.

## 2.6 IGNITABILIDADE

Alguns materiais podem ter maior capacidade de ignição do que outros; celulósido, por exemplo, sofre ignição rapidamente, ao contrário da madeira.

Este teste classifica o material combustível como “facilmente ignizável” ou “não facilmente ignizável” e é destinado a materiais de construção rígidos ou semi-rígidos.



Figura 4 – Aparelho que determina a incombustibilidade.

FONTE: IPT.

O tamanho das amostras deve ser de  $228 \text{ mm}^2$  e da mesma espessura do material que elas representam. Cada uma das 3 amostras submetidas ao teste é presa verticalmente e submetida a um jato de gás por 10 segundos, Figura 5. O jato é, então, removido e registra-se a subsequente chama nos próximos segundos. Se qualquer uma das amostras chameja por mais de 10 segundos após a remoção do jato, ou se a queima da amostra se estende para a borda da mesma dentro de 10 segundos, o material é classificado como “facilmente ignizável” e sua performance é indicada pela letra ‘X’.

Do contrário, o material é classificado como “não facilmente ignizável” e sua performance é indicada pela letra ‘P’.

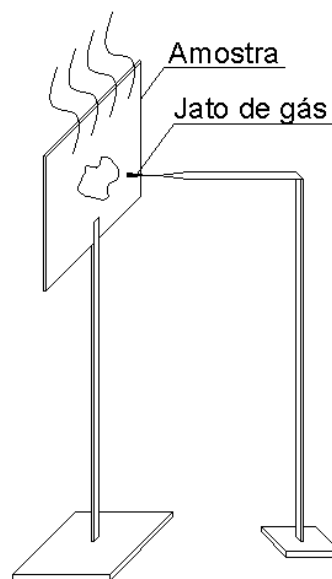


Figura 5 – Esquema do teste

## 2.7 PODER CALORÍFICO

A ISO 1716 – *Building materials – Determination of calorific potential* determina o potencial máximo de calor de um material quando ele se queima por completo. O ensaio é realizado através de uma bomba calorimétrica, Figura 6, e o resultado expressa a quantidade de energia liberada por unidades de peso.



- 1 termômetro;
- 2 suporte do termômetro (metálico);
- 3 tarracha de borracha para fixar o termômetro;
- 4 lentes para leitura do termômetro;
- 5 suporte metálico regulável do termômetro;
- 6 rotor;
- 7 eixo rotativo;
- 8 correia;
- 9 roldana;
- 10 mancal;
- 11 terminais de ignição;
- 12 agitador
- 13 recipiente de aço inox em formato elipsoidal;
- 14 recipiente plástico externo;
- 15 câmara de oxigênio para combustão

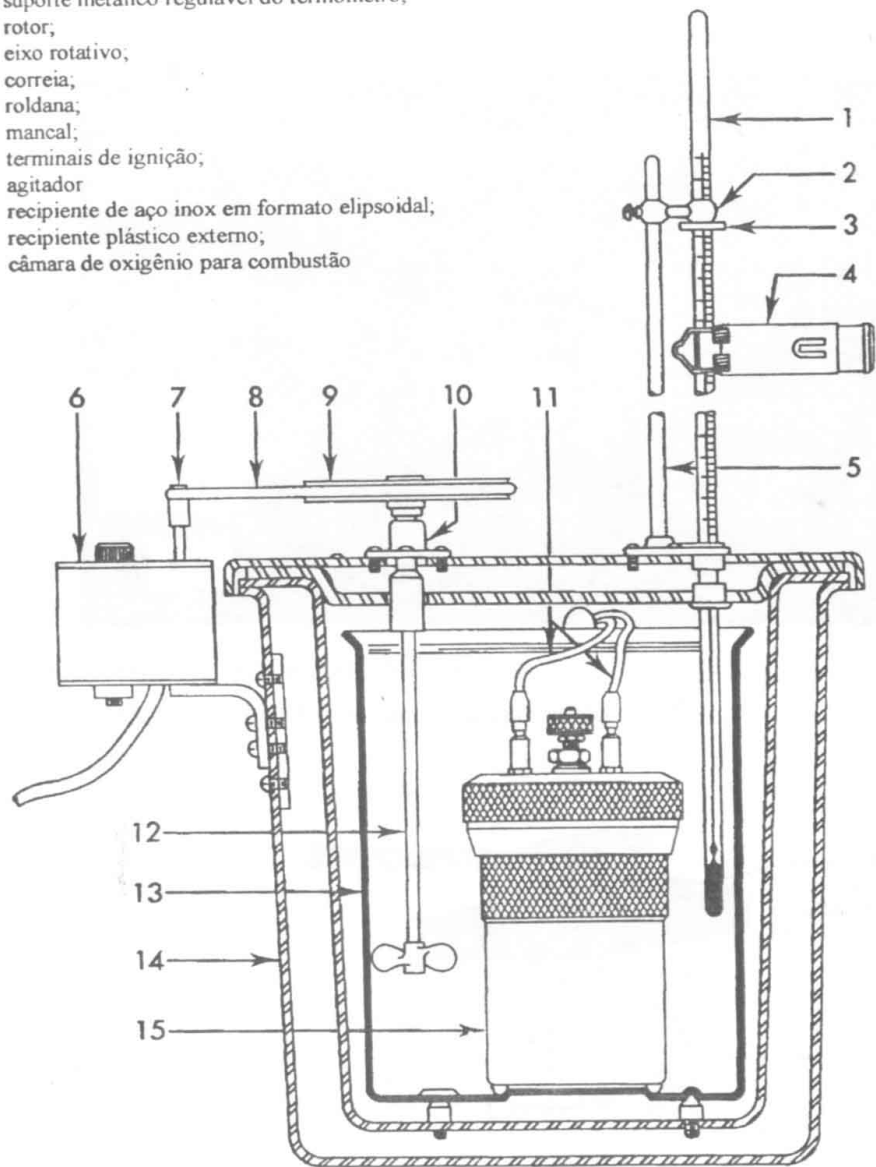


Figura 6 – Esquema geral da bomba calorimétrica

FONTE: Manual nº147 – Instruções para bomba calorimétrica *Parr* modelo 1341.

## 2.8 ENSAIO DE TÚNEL

O ensaio de túnel é adotado no Canadá desde 1960 e permite a obtenção de um índice de classificação quanto à propagação de chama. O equipamento consiste em um tubo horizontal de 7,60m de comprimento com uma seção transversal de 450mm de largura por 300mm de altura. A parte superior do tubo é removível e revestida com um material mineral de baixa densidade. As paredes e a parte inferior são revestidas de material refratário. Uma das paredes laterais possui janelas de observação.

As chamas de dois queimadores situados em uma das extremidades do túnel são sopradas no sentido da extremidade oposta por uma corrente de ar de 1,20m/s. Estas chamas têm cerca de 1,37m de comprimento e liberam calor a uma razão aproximadamente constante de 90 kW e incidem diretamente sobre as amostras que se montam sobre o piso ou no teto do túnel. A abertura de exaustão final do túnel é provida de um detector de fumaça e de um termopar.

A calibração é feita ajustando a razão de liberação de calor dos queimadores de modo que a chama gaste 5,5 minutos para atingir uma amostra de 18mm de carvalho vermelho, posta na abertura de exaustão, cujo índice de classificação quanto à propagação de chama é 100, sendo zero o de materiais incombustíveis. Gráficos da posição da frente de chama *versus* tempo para o carvalho vermelho e para a amostra são utilizados para determinar o índice de classificação quanto à propagação de chama. Antes dos ensaios, as amostras são condicionadas à temperatura de  $23\pm 3$  °C e à umidade relativa de  $50\pm 5$  °C até que a sua massa resulte estável. A experiência tem demonstrado que os resultados variam de ensaio a ensaio para o mesmo material, razão pela qual é comum ensaiar pelo menos 3 amostras. No Canadá, os materiais a serem testados são montados tanto no teto quanto no piso do túnel (MEHAFFEY, 1987).

Uma análise crítica do ensaio de túnel revela que qualitativamente os índices de classificação quanto à propagação de chama refletem o comportamento dos materiais de revestimento nos incêndios reais: em geral, quanto maiores esses índices, mais rapidamente os incêndios se generalizam. Mas, se as condições reais de uso dos materiais diferem daquelas dos ensaios, nem sempre é possível relacioná-las aos resultados dos ensaios como ocorre no revestimento de cavidades.

## 2.9 REAÇÃO AO FOGO DO MOBILIÁRIO

### 2.9.1 Fluidodinâmica computacional

O modelamento determinístico de incêndios compartimentados com base no conhecimento da reação ao fogo dos materiais pode resultar em métodos quantitativos de análise de risco os quais podem ser empregados no estabelecimento de regulamentos de segurança contra incêndio, no projeto e na reconstrução de edificações. Entretanto, a adequação dos modelos determinísticos de propagação do fogo e de movimentação da fumaça tradicionalmente foi limitada pela falta de modelos eficazes de previsão do desenvolvimento do incêndio. Atualmente, um esforço internacional tem sido feito no sentido de construir modelos para a previsão do desenvolvimento de incêndios no conteúdo dos edifícios – aqui, denominados genericamente de mobiliário – e nas superfícies de acabamento interno.

Modelos determinísticos para a previsão do fluxo de energia e de fluidos em um certo domínio são adequados, quando é possível especificar a massa que irá sofrer combustão. Nesse caso, como ocorre em fornos e motores, a razão de massa combustível que entra no domínio é conhecida. Porém, quando se trata de incêndios compartimentados, esse dado não está disponível *a priori* e necessita ser calculado a partir da razão de pirólise na superfície do mobiliário e do revestimento, o que é uma função do ambiente. Logo, as condições do compartimento controlam a razão de desenvolvimento do incêndio.

A previsão analítica da razão de desenvolvimento de incêndios na superfície de um objeto é um problema complexo que requer a solução de um sistema acoplado de equações referentes às reações no sólido e no fluxo turbulento de gases em torno dele. Diversos centros de pesquisa no mundo têm trabalhado no desenvolvimento de modelos de fluidodinâmica computacional (*CFD models*) que, entre outras grandezas, se destinam ao cálculo da razão de desenvolvimento de incêndios.

À medida em que os países mudam a filosofia de regulamentação de prescritiva para baseada em desempenho, os modelos de fluidodinâmica computacional se tornam essenciais para o estabelecimento de incêndios de projeto. Evidentemente, todos os modelos analíticos nesse domínio necessitam de verificações experimentais. A resposta

de móveis e de seus componentes em incêndio é medida em ensaios de bancada, ensaios de móveis em escala real e ensaios do mobiliário de um compartimento.

### **2.9.2 Ensaios de bancada**

Ensaios de bancada de mobiliário no calorímetro de cone envolvem uma amostra em escala reduzida, com dimensões da ordem de 100mm x 100mm, tipicamente composta do material estrutural, de espuma (poliuretano) e de tecido de revestimento, Figura 7. As amostras podem ser ensaiadas na posição vertical ou, mais comumente, na posição horizontal, sendo expostas a uma fonte externa de calor radiante. Medições transientes são feitas das seguintes grandezas: consumo de massa dos materiais, de oxigênio, de monóxido de carbono, de gás carbônico e de água; da temperatura e do fluxo de exaustão dos gases; da massa de resíduos sólidos. Ignitabilidade e o tempo para iniciar a ignição também são medidos. Em particular, a medição transiente do consumo de oxigênio permite determinar a função de razão de liberação de calor, Figura 8. Normas internacionalmente aceitas para os ensaios em calorímetros de cone são ASTM E 1354 (1996) e ISO 5660 (1993).

### **2.9.3 Ensaios de móvel**

Os ensaios de móvel envolvem uma peça inteira em tamanho real, Figura 9, que é situada debaixo de um grande exaustor capaz de recolher os produtos da combustão. As medições realizadas são semelhantes àsquelas do calorímetro de cone nos ensaios de bancada. Os dados resultantes desses ensaios são supostos válidos universalmente na fase anterior à inflamação generalizada, para incêndios controlados pela carga combustível, nos quais os efeitos do compartimento são minimizados. Após a inflamação generalizada, entretanto, as variações da taxa de liberação de calor em razão do crescimento do calor radiante no ambiente podem ser significativas em relação à observada nos ensaios. Os métodos de ensaio de móvel são objeto de diversas normas estrangeiras, entre as quais a ASTM E 1537, a BS 5852 e a NT Fire 032.

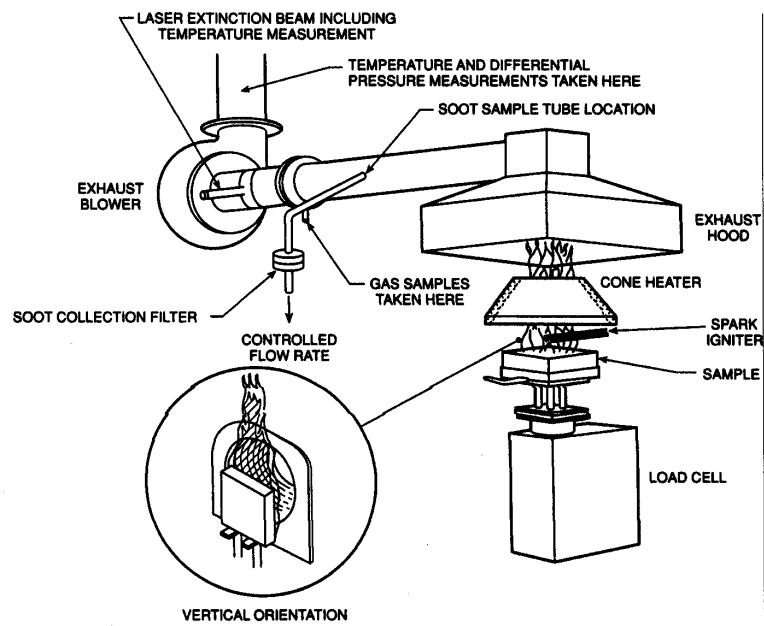


Figura 7 – Calorímetro de cone

FONTE: PEHRSON (1999).

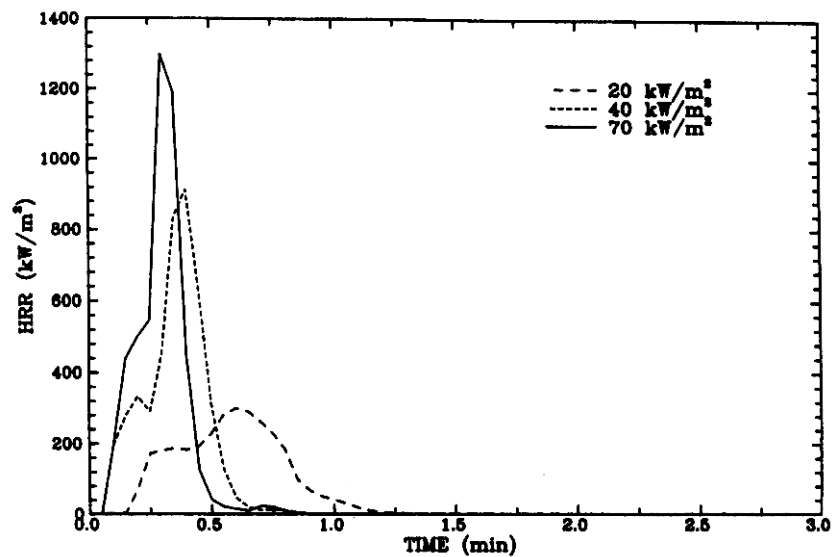


Figura 8 – Razão de liberação de calor em função do fluxo externo

FONTE: PEHRSON (1999).

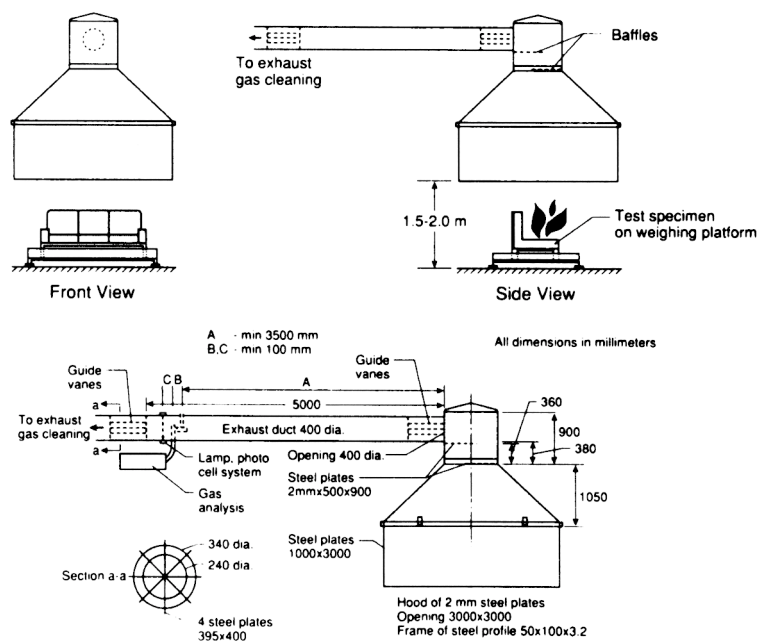


Figura 9 – Calorímetro de mobília conforme previsto pela NT Fire 032

FONTE: PEHRSON (1999).

#### 2.9.4 Ensaio do mobiliário de um compartimento

Os ensaios de compartimentos mobiliados são o meio mais realístico de observar o comportamento em incêndio. Com o emprego de um exaustor, os produtos de combustão são recolhidos e as mesmas medições efetuadas nos ensaios anteriormente descritos são feitas. As medições não podem ser consideradas universais, porque efeitos específicos da geometria do compartimento são importantes na fase de desenvolvimento do incêndio.

Diversos ensaios de mobiliário em compartimentos têm sido feitos nos últimos anos com o fim de produzir dados para os modelos de fluidodinâmica computacional. Entre eles, citam-se aqueles conduzidos pelo *National Institute for Standards and Testings* cujos resultados são discutidos por BABRAUSKAS (1979, 1984) e por KRASNY & BABRAUSKAS (1984) e, mais recentemente, os ensaios patrocinados pela *European Comission on Measurements and Testing* que patrocinou o programa experimental *Combustion Behaviour of Upholstered Furniture*, SUNDSTRÖM (1995).

## CAPÍTULO 3

---

### REGULAMENTAÇÕES PRESCRITIVAS

#### 3.1 CLASSIFICAÇÃO DOS MATERIAIS

As regulamentações prescritivas quanto à reação ao fogo, em geral, adotam como ponto de partida uma classificação dos materiais, tendo em conta determinados parâmetros que particularmente se consideram importantes. O pressuposto básico dessas classificações é que as características de reação ao fogo dos materiais em incêndios reais possam ser determinadas em ensaios padronizados de laboratório. Apesar de ser discutível a validade de ensaios de amostras isoladas para a determinação de propriedades específicas – por exemplo, a velocidade de propagação superficial de chamas – a metodologia para o estabelecimento das exigências da regulamentação prescritiva considera outros parâmetros de risco, incluindo coeficientes de segurança implícitos conforme a situação.

As edificações, conforme o tipo predominante de sua ocupação, estão expostas a riscos variáveis de incêndio. A grandeza e a natureza da carga combustível depositada e as operações ali realizadas são consideradas na determinação qualitativa do risco de incêndio, podendo levar a exigências mais conservativas quanto à reação ao fogo dos materiais.

As características da população de usuários dos edifícios são um dos parâmetros considerados para avaliação subjetiva do risco de incêndio na regulamentação prescritiva. Entre essas características, citam-se: o número de usuários e as suas parcelas fixa e flutuante que têm particular importância, uma vez que as vias de escape devem atender à demanda em um tempo que é condicionado pela reação ao fogo dos materiais (ver Capítulo 4); o estado de mobilidade dos usuários, porque há que se considerar a eventual necessidade de uma evacuação assistida; o estado de atenção e o treinamento para agir em situações de emergência, porque interferem diretamente no tempo efetivamente gasto no escape.

Tendo em vista os parâmetros anteriores, as características construtivas da edificação são também determinantes de risco. É bem verdade que, nesse tipo de regulamentação prescritiva, poucas são as características físicas particulares da construção que podem ser consideradas. Os materiais utilizados na construção e no revestimento podem constituir acréscimo de carga combustível; a arquitetura da edificação pode ou não facilitar a fuga dos usuários, sendo importante de considerar a altura do piso mais elevado que admite o acesso de público.

Finalmente, a localização da edificação em relação à vizinhança e a distância do agrupamento de bombeiros mais próximo, bem como as condições de acesso, são consideradas.

Em seu conjunto, as diversas características da edificação são levadas em conta na determinação de padrões de risco subjetivos, mas balizados internacionalmente com tendência a representar a experiência das corporações de bombeiros em vários países do mundo. Em função dos padrões de risco das edificações e, eventualmente, em alguns países, da classificação dos materiais de revestimento quanto a aspectos particulares da reação ao fogo, as exigências mínimas são estabelecidas.

Nesse capítulo, apresenta-se uma resenha das regulamentações prescritivas em vários países, incluindo a do Corpo de Bombeiros Militar da Polícia Militar do Estado de São Paulo, CBM/PMESP.

## **3.2 ESTADOS UNIDOS**

O *Uniform Building Code / Uniform Fire Code* da *International Conference of Building Officials* (ICBO, 1994) restringe a utilização de materiais para tetos e paredes, de acordo com o tipo de ocupação da edificação. Tem como objetivo o retardamento do desenvolvimento do incêndio, controlando a propagação do fogo e o desenvolvimento de calor. A Tabela 1 apresenta a descrição do tipo de edifício, de acordo com o grupo e divisão estabelecidos.

Os critérios para a classificação dos grupos de ocupação são os seguintes: grupo A – concentração de pessoas; grupo B – negócios; grupo E – educacional; grupo F – fábricas e indústrias; grupo H – materiais perigosos; grupo I – institucional; grupo M –



mercantil; grupo R – residencial; grupo S – locais de armazenamento, garagens e oficinas mecânicas; grupo U – garagens privadas, armazéns, edifícios agrícolas.

Para materiais de revestimento/acabamento são utilizados: lambris; painéis (com finalidades estrutural, decorativa, correção acústica, isolamento térmico, saneamento).

Na classificação dos materiais não são levados em consideração: adornos, móveis, rodapés e corrimãos, portas e janelas, materiais com espessura inferior a 0,9 mm (aplicados diretamente sobre tetos e paredes). As espumas plásticas só devem ser utilizadas como acabamento interno quando cumprem a função de isolamento térmico, devendo apresentar índice de propagação de chama de no máximo 75 e o índice de fumaça de no máximo 450.

A Tabela 2 mostra as classes em que os materiais se enquadram dependendo do índice de propagação superficial da chama obtido nos ensaios. A densidade da fumaça não deve superar o valor de 450. Os carpetes (material têxtil) devem ser enquadrados na Classe I de propagação superficial de chama.

A Tabela 3 mostra a limitação das classes de propagação superficial de chama para os materiais de revestimento/acabamento de tetos e paredes, em função do tipo de ocupação.

Ainda, conforme citado em MITIDIARI (1998, p. 74), algumas exceções são consideradas:

- l) exceto para o grupo I e para rotas de fuga verticais enclausuradas, podem ser utilizados materiais da classe III de propagação de chama nas áreas destinadas a outras rotas de fuga. Estes materiais também são utilizados como placas de revestimentos (com altura máxima de 1219 mm acima do nível do piso) de paredes e/ou placas de fixação de painéis e/ou boletins, mas não devem ocupar mais que 5% da área total da parede;
- m) se o ambiente é dotado de sistema de chuveiros automáticos, a classe de propagação superficial de chama pode ser reduzida a um nível, mas nunca devem ser utilizados materiais que apresentem valores do índice de propagação de chama maiores que os estabelecidos para a classe III.

Tabela 1 – Descrição da ocupação por grupos e divisões

Grupo e divisão	Descrição da Ocupação
A-1	Edifício ou porção do edifício que possui sala de espetáculo com carga de ocupação igual ou superior a 1000 pessoas, contendo palco de apresentações.
A-2	Edifício ou porção do edifício que possui sala de espetáculo com carga de ocupação inferior a 1000 pessoas, contendo palco de apresentações.
A-2.1	Edifício ou porção do edifício que possui sala de espetáculo com carga de ocupação igual ou superior a 300 pessoas, sem palco de apresentações, incluindo edifícios utilizados para finalidades educacionais e não classificados nos grupos E ou B de ocupação.
A-3	Edifício ou porção do edifício que possui sala de espetáculo com carga de ocupação inferior a 300 pessoas, sem palco de apresentações, incluindo edifícios utilizados para finalidades educacionais e não classificados nos grupos E ou B de ocupação.
A-4	Estádios e parques não incluídos no grupo A de ocupação.
B	Edifícios utilizados como escritórios ou prestação de serviços profissionais de caráter burocrático, incluindo depósitos de registros e contas; estabelecimentos que fornecem bebida ou comida com carga de ocupação inferior a 50 pessoas.
E-1	Qualquer edifício utilizado para fins educacionais com carga de ocupação igual ou superior a 50 pessoas que permaneçam no edifício por mais de 12 horas por semana ou mais de 4 horas no dia a dia.
E-2	Qualquer edifício utilizado para fins educacionais com carga de ocupação inferior a 50 pessoas que permaneçam no edifício por mais de 12 horas por semana ou mais de 4 horas no dia a dia.
E-3	Qualquer edifício, ou parte do mesmo, utilizado como creche para mais de 6 pessoas.
F-1	Fábricas de risco moderado e ocupações industriais, incluindo ocupações com finalidades fabris ou industriais não classificadas no grupo F, divisão 2 de ocupação.
F-2	Fábricas de baixo risco e ocupações industriais, incluindo áreas de produção de materiais não-combustíveis ou não-explosivos durante o processo de acabamento, empacotamento ou outros processos que não envolvam riscos significativos com relação ao fogo.
H-1	Edifícios que contêm internamente quantidade excessiva de material que apresente alto risco de explosão.
H-2	Edifícios que contêm internamente quantidade excessiva de material que apresente moderado risco de explosão ou risco de queima acelerada.
H-3	Edifícios que contêm internamente quantidade excessiva de material que apresente alto risco de incêndio ou que proporcione riscos físicos.
H-4	Oficinas mecânicas não classificadas no grupo S, divisão 3 de ocupação.
H-5	Oficinas de aeronaves (hangares) não classificadas no grupo S, divisão 3 de ocupação.
H-6	Áreas destinadas à fabricação de materiais semicondutores e áreas de pesquisa e desenvolvimento onde são utilizados materiais perigosos e a quantidade de materiais agregados é excessiva.
H-7	Edifícios que contêm internamente quantidade excessiva de materiais que oferecem risco à saúde.

(continuação da Tabela 1)

I-1.1	Clínicas para crianças com idades inferior a 6 anos (cada acomodação com mais de 5 crianças), hospitais, sanatórios, clínicas com pacientes não-ambulatoriais e edifícios similares (cada acomodação com mais de 5 pacientes).
I-1.2	Centros clínicos para pacientes ambulatoriais que estejam recebendo pacientes de outras clínicas, os quais podem prestar serviços a pacientes incapazes de assistirem a si próprios (acomodação hóspede + paciente para mais de 5 pacientes).
I-2	Clínicas para pacientes ambulatoriais, orfanatos para crianças com idade de 6 ou mais anos (cada acomodação com mais de 5 crianças).
I-3	Hospital psiquiátrico, sanatório psiquiátrico, cadeias, prisões, reformatórios e edifícios onde as liberdades pessoais dos internos são restringidas.
M	Edifícios ou estruturas, ou parte de ambas, para montagem de <i>displays</i> ou vendas de <i>merchandise</i> , envolvendo estoques de mercadorias ou material de <i>merchandise</i> , acessíveis ao público.
R-1	Hotéis e aparts, residências congregadas (cada acomodação para mais de 10 pessoas).
R-3	Moradias, hospedarias, residências congregadas (cada acomodação para 10 pessoas ou menos pessoas).
S-1	Ocupações com estoque de risco moderado, incluindo edifícios ou porções de edifícios utilizados para estocagem de materiais combustíveis não classificados no grupo H, divisão 2 do grupo H de ocupação.
S-2	Ocupações com estoque de baixo risco, incluindo edifícios ou porções de edifícios utilizados para estocagem de materiais não-combustíveis.
S-3	Oficinas mecânicas onde o trabalho é limitado a troca de peças e manutenção, não sendo necessária qualquer manobra com chama aberta e estacionamentos não classificados no grupo S, divisão 4 de ocupação.
S-4	Estacionamentos em áreas abertas.
S-5	Hangar de aeronaves e helicópteros.
U-1	Garagens privativas, sheds e edifícios agrícolas.
U-2	Torres e reservatórios com altura superior a 1829 mm.

FONTE: UBC, v.1, 1994, pp. 1-58 – 1-59 apud MITIDIARI (1998).

Tabela 2 – Classes de propagação superficial de chamas

Classe	Índice de propagação superficial de chama
I	0 – 25
II	26 – 75
III	76 – 200

FONTE: MITIDIARI (1998).

Tabela 3 – Classe de propagação superficial de chama<sup>1</sup> em função do tipo de ocupação

Grupo	Classes		
	Rotas de fuga enclausuradas verticais	Outras rotas de fuga <sup>2</sup>	Salas ou Áreas
A	I	II	II <sup>3</sup>
E	I	II	III
I	I	I <sup>4</sup>	II <sup>5</sup>
H	I	II	III <sup>6</sup>
B, F, M, e S	I	II	III
R-1	I	II	III
R-3	III	III	III <sup>7</sup>
U	sem restrições		

FONTE: UBC, v.1, 1994, p. 1-152 apud MITIDIARI (1998).

NOTAS:

- 1- Espumas plásticas devem estar de acordo com o anteriormente citado;  
Os carpetes aplicados sobre tetos devem pertencer à classe I;  
Os acabamentos têxteis de parede devem pertencer à classe I para ambientes protegidos com sistemas de chuveiros automáticos ou serem aprovados em ensaios.
- 2- Esta classificação não é aplicável para tetos e paredes de varandas e sacadas externas.
- 3- No grupo A-3 e A-4, a classe III pode ser utilizada.
- 4- No grupo I-2 e I-3, a classe II pode ser utilizada ou a classe III se o ambiente for provido de sistema de chuveiros automáticos.
- 5- Onde são restringidas as liberdades pessoais, deve ser utilizado apenas material da classe I.
- 6- Em edificações com mais de dois pavimentos, deve-se usar a classe II.
- 7- Em cozinhas e banheiros do grupo R-3, não se aplica a propagação superficial de chama.

### 3.3 INGLATERRA

O *Building Regulations (1991)*, abreviadamente BR-1991, restringe os materiais de acabamento interno em função da facilidade de ignição e da taxa de desenvolvimento de calor. Estas características estão relacionadas ao tempo necessário para que se atinja a inflamação generalizada e haja a propagação das chamas para outros ambientes.

Este documento se constitui de cinco capítulos: B1 – Rotas de fuga; B2 – Propagação do fogo – Interna (revestimentos); B3 – Propagação do fogo – Interna (estrutura); B4 – Propagação do fogo – Externa e B5 – Acessos e meios de combate.

A norma *British Standard 476* consta de alguns métodos de ensaios, exigidos pelo BR-1991 que são: *BS 476 Part 4: 1970 Non-combustibility test for materials*; *BS 476 Part 5: 1979 Ignitability test for materials*; *BS 476 Part6: 1989 Fire tests on*

*building materials and structures – Part 6. Method of test for fire propagation for products; BS 476 Part 7: 1997 Fire tests on building materials and structures – Part 7. Method of test to determine the classification of the surface spread of flame of products.*

A Tabela 4 especifica a classificação dos materiais em função da propagação de chama obtida nos ensaios segundo a norma BS 476.

Tabela 4 – Classificação dos materiais em função da propagação de chama

Classificação	Propagação da chama aos 1,5 min. De ensaio		Propagação da chama ao final do ensaio	
	Limite (mm)	Limite para um corpo de prova da amostra (mm)	Limite (mm)	Limite para um corpo de prova da amostra (mm)
Classe 1	165	165 + 25	165	165 + 25
Classe 2	215	215 + 25	455	455 + 45
Classe 3	265	265 + 25	710	710 + 75
Classe 4	Quando exceder os limites da classe 3			

FONTE: BS 476: Part7, 1997, p.15 apud MITIDIARI (1998).

A Tabela 5 especifica a classe à qual determinado material de revestimento/acabamento deve pertencer em função da localidade de utilização.

Tabela 5 – Classificação dos revestimentos por localidade

Localidade	Classe
Salas pequenas que apresentem área de piso não superior a 4 m <sup>2</sup> para edifícios residenciais e 30 m <sup>2</sup> para edifícios não-residenciais.	3
Outras salas.	1
Outras áreas de circulação, incluindo áreas de flats e hospedarias.	0*

FONTE: BR, 1991, p.47 apud MITIDIARI (1998).

NOTA:

(\*) – A classe 0, não estabelecida na norma, representa a melhor classificação de comportamento do material frente ao fogo e é obtida para materiais que sejam enquadrados na Classe I pela BS 476: Part 7 e apresentem índice de propagação (I) não superior a 12 e subíndice (i) não maior que 6 (BR, 1991, p.94 item A12).

Conforme o BR-1991, o material de revestimento de parte das paredes que compõem um ambiente pode estar enquadrado em classe inferior às apresentadas na

Tabela 5, porém nunca inferior à classe 3, desde que a área total destas partes de parede não exceda a metade da área do piso do ambiente em questão e sendo esta área total limitada em 20 m<sup>2</sup> para edifícios residenciais e 60 m<sup>2</sup> para edifícios não-residenciais.

Os tipos de ocupação, divididos em grupos, podem ser aplicados a todo o edifício ou a um compartimento. A Tabela 6 descreve a ocupação por grupos e divisões.

Tabela 6 – Descrição da ocupação por grupos e divisões

Título	Grupo	Descrição
Residencial <sup>1</sup> (moradia)	1 (a)	Apartamento ou edículas.
	1 (b)	Edifícios que contém um andar habitável e que o nível do piso deste andar com relação ao nível do solo é maior que 4,5 m.
	1 <sup>a</sup>	Edifícios que não contém um andar habitável e que o nível do piso deste andar com relação ao nível do solo é maior que 4,5 m.
Residencial (Institucional)	2 (a)	Hospitais, clínicas, asilos e orfanatos, escola ou estabelecimento com atividades similares que dispõe de acomodações para moradia ou tratamento, casas de tratamento de pessoas com deficiência física e/ou mental, casas de detenção.
	2 (b)	Hotéis, colégios internos, <i>hall</i> de residências, hospedarias e outros tipos de edificações não descritos acima.
(Outros)		
Escritório	3	Escritórios administrativos, escritórios com finalidades diversas (cartórios, digitação, duplicação de papéis, contadores, editoração, publicação, despachos policiais ou do corpo de bombeiros), bancos, comunicação (correios e rádios), filmagens, TV, performances (não abertas ao público).
Comercial	4	Lojas com caráter de vendas no varejo ou negócios ( <i>fast foods</i> , bancas de revistas, serviços pessoais, supermercados).
Reuniões e recreação	5	Locais onde se têm concentração de pessoas com finalidades de diversão ou recreação (conferências, exposições, danceterias, museus e galerias, clubes, teatros, cinemas, estádios, igrejas, livrarias, centros de saúde e cirúrgicos, estações e terminais de passageiros, banheiros públicos).
Industrial	6	Fábricas, locais de limpeza, lavagem, reparos, adaptação ou processamento de artigos, geração de energia.
Depósitos e outros não Residenciais <sup>2</sup>	7 (a)	Locais para depósitos de mercadorias [outros não descritos em 7 (b)] e qualquer outro edifício que não se encaixe nos grupos 1 a 6.
	7 (b)	Estacionamentos.

FONTE: BR, 1991, p.111 apud MITIDIERI (1998).

NOTAS: 1 – Inclui salas cirúrgicas, consultórios, escritórios ou outras acomodações que não excedam 50m<sup>2</sup> de área total, que fazem parte da residência e são ocupadas por um habitante da residência em caráter profissional.

2 – Garagens separadas com área não superior a 40 m<sup>2</sup>.

### 3.4 CANADÁ

O *National Building Code of Canada* (NBC – 1990) classifica os materiais de revestimento e/ou acabamento incorporados ao sistema construtivo em função do tipo de ocupação e também apresenta os requisitos para os acabamentos internos das edificações. A restrição dos materiais utilizados se dá em função da propagação da chama, da quantidade de fumaça que desenvolvem, do tipo de ocupação e do local da edificação onde serão utilizados. Os materiais são enquadrados em classes em função do índice de propagação de chamas obtido nos ensaios, de acordo com a Tabela 7. Os índices de propagação de chamas para acabamentos são mostrados na Tabela 8, para edifícios de andares múltiplos. A Tabela 9 mostra a classificação em função dos tipos de ocupação, dividida em grupos e subdividida em divisões.

Um edifício é considerado alto, ou seja, de andares múltiplos, pelas seguintes características (NBC, apud MITIDIARI, 1998):

- a) edifícios com ocupações dos Grupos A, D, E e F que possuem altura superior a 36 m (medida entre o nível do solo e o piso do último pavimento), ou superior a 18 m em que a carga de ocupação no mesmo ou em qualquer pavimento (com exceção do primeiro) acima do nível do solo, quando dividida pelo produto entre a soma da largura (em metros) de todas as escadarias de saída daquele determinado pavimento e 1,8, exceder 300;
- b) todo edifício com ocupação do Grupo B em que a altura entre o nível do piso do pavimento mais alto e o nível do piso do solo for superior a 18 m, ou todo edifício que contém pavimento, ou parte do mesmo, localizado acima do terceiro andar, destinado à ocupação do Grupo B, divisão 2; e
- c) todo edifício com ocupação do Grupo C e que o piso do pavimento onde está caracterizada a ocupação do Grupo C esteja a uma altura superior a 18 m do nível do solo.

O Código Canadense NBC, citado por MITIDIARI (1998), considera que qualquer material que seja utilizado em superfície de piso, parede e teto, é acabamento interno, como: acabamentos internos de argamassa plástica, madeira ou cobertura (telha); acabamentos em tecido, pintura, plástico, folheado de madeira ou papel de

paredes; portas, janelas e adereços; elementos de iluminação incorporados à cobertura (difusores e/ou domo); material do tipo carpete.

Tabela 7 – Classes de propagação superficial de chamas

Classe	Índice de propagação superficial de chama
1	0 – 25
2	26 – 75
3	76 – 150

FONTE: MITIDIARI (1998).

Tabela 8 – Máximos valores de propagação superficial de chama e de desenvolvimento de fumaça para edifícios altos

Localidade ou Elemento	Valor máximo de propagação de chama			Valor máximo de desenvolvimento de fumaça		
	Superfície da parede	Superfície do teto	Superfície de piso	Superfície da parede	Superfície do teto	Superfície de piso
Escadaria de saída, antecâmara de acesso às escadarias e lobbies	25	25	25	50	50	50
Corredores não internos às suítes	-	-	300	100	50	500
Elevadores de carros e vestíbulos	25	25	300	100	100	300
Espaços e salas destinados a serviços	25	25	25	50	50	50
Outras localidades e elementos	-	-	sem limite	300	50	sem limite

FONTE: NBC, 1990, p. 54 apud MITIDIARI (1998).



Tabela 9 – Descrição da ocupação por grupos e divisões

Grupo	Divisão	Descrição da Ocupação
A	1	Concentração de pessoas com o intuito de produção e/ou espectador de espetáculos artísticos. Exemplos: Cinemas, casas de ópera, estúdios de TV com audiência ao vivo, teatros.
	2	Concentração de pessoas não classificadas no grupo <sup>a</sup> Exemplos: Galerias de arte, pistas de boliche, igrejas ou locais similares, clubes não residenciais, áreas comunitárias, tribunais, danceterias, salas de exibição (não classificadas no grupo E), ginásios, auditórios, bibliotecas, museus, terminais de passageiros, restaurantes, escolas e colégios não-residenciais.
	3	Concentração de pessoas em espaços tipo arena. Exemplos: Arenas, piscinas cobertas, com ou sem arquibancadas para espectadores.
	4	Congregação ou reunião de pessoas com a finalidade de participação em atividades em espaços ao ar livre. Exemplos: Parques de diversão, arquibancadas, estádios.
B	1	Ocupações de caráter institucional em que pessoas estão submetidas a proibições ou são incapazes de uma autopreservação. Exemplos: Prisões, penitenciárias, postos policiais com local para detenção, hospitais psiquiátricos com internos, reformatórios com internos.
	2	Ocupações de caráter institucional em que pessoas requerem cuidados e tratamentos especiais devido a limitações físicas e/ou mentais. Exemplos: Orfanatos, casas de repouso, hospitais, enfermarias, hospitais psiquiátricos sem internos, sanatórios sem internos.
C	—	Ocupações residenciais. Exemplos: Apartamentos, pensões, clubes residenciais, residências universitárias, conventos, dormitórios, hotéis, monastérios, motéis, internatos, pousadas.
D	—	Ocupações de serviços pessoais e negócios. Exemplos: Bancos, clínicas dentárias, barbearias, cabeleireiros, lavanderias, clínicas médicas, escritórios, estações de rádio.
E	—	Ocupações de caráter mercantil. Exemplos: Lojas de departamentos, salas de exibição, mercados, lojas, empórios, supermercados.
F	1	Ocupações industriais com alto risco. Exemplos: Usinas de líquidos inflamáveis, usinas com armazenamento de substâncias perigosas (materiais radioativos, líquidos corrosivos, gases venenosos, substâncias reativas e explosivas ou materiais altamente inflamáveis), moinho de cereais, usinas de fabricação ou que envolvam processos químicos, destilarias, lavanderias industriais, fábricas de colchão, indústrias de tintas, usinas de processamento de borracha, usinas de reciclagem de papel.
	2	Ocupações industriais com médio risco. Exemplos: Hangares, usinas de açúcar, subestações elétricas, helipontos, laboratórios, oficinas mecânicas, estúdios de TV sem audiência ao vivo, depósitos, marcenarias, serrarias, oficinas em geral.
	3	Ocupações industriais com baixo risco. Exemplos: Crematórios, usinas geradoras de energia, estacionamentos.

FONTE: NBC, 1990, p.35 apud MITIDIARI (1998).

### 3.5 JAPÃO

No Japão, o *Building Standard Law Enforcement Regulation* estabelece os procedimentos para a elaboração de relatórios para a aprovação da construção e as *Notifications of Ministry of Construction* estabelecem as normas técnicas de ensaios para a classificação dos materiais.

O uso de materiais de acabamento nas edificações, para tetos e paredes, é restrito e tem como objetivo a proteção contra os riscos associados ao incêndio. O desenvolvimento de fumaça e gases tóxicos também é verificado, a fim de que os ocupantes consigam alcançar as rotas de fuga com segurança.

As paredes, tetos e respectivos revestimentos são classificados como materiais não-combustíveis, semicomcombustíveis e fogo-retardantes:

- a) Materiais não-combustíveis (incombustíveis): quando submetidos a uma combustão não apresentam rachaduras, derretimento, deformações excessivas e não desenvolvem elevada quantidade de fumaça e gases. São, normalmente, materiais inorgânicos: argamassas, placa de amianto, cobertura para telhado, aço, alumínio, vidro, concreto, tijolo ou outros similares;
- b) Materiais semicomcombustíveis: quando submetidos a uma combustão apresentam baixa taxa de queima e o desenvolvimento de fumaça e gases é pouco. Não apresentam derretimentos, deformações excessivas ou rachaduras. São: revestimentos metálicos (com pequena quantidade de madeira), painéis de gesso, papel, plástico, placas de cimento que contenham partes de madeira, placas de gesso acartonado ou outros materiais, reconhecidos pelo Ministério da Construção, que possuam propriedades de reação ao fogo próximas ou semi-equivalentes às dos materiais não-combustíveis;
- c) Materiais fogo-retardantes: quando expostos ao processo de combustão apresentam dificuldade de queima. Podem ser protegidos com superfícies incombustíveis e são: madeira e chapas plásticas que sofreram tratamentos químicos para se adequarem à reação ao fogo, ou outros materiais,

reconhecidos pelo Ministério da Construção, que possuam propriedades retardantes à chama.

Os ensaios mostrados na Tabela 10 são usados para a classificação dos materiais citada acima. Estes ensaios estão descritos nas Notificações nº 1231 – *Designation of Quasi – Noncombustible Materials* e nº 1828 – *Designation of Noncombustible Materials*, do Ministério da Construção.

Tabela 10 – Ensaios de classificação dos materiais com relação à incombustibilidade

<b>Materiais</b>	<b>Ensaios</b>
Materiais não-combustíveis	Ensaio de queima superficial; Ensaio de incombustibilidade. (Notificação nº 1828)
Materiais semicombustíveis:	Ensaio de queima superficial; Ensaio de aquecimento; Ensaio de toxidade; Ensaio da caixa modelo. (Notificação nº 1231)
Materiais fogo-retardantes:	Ensaio de queima superficial; Ensaio de toxidade. (Notificação nº 1231)

FONTE: MITIDIARI (1998).

Quando um material é classificado como incombustível, no ensaio de queima superficial, é também submetido ao ensaio de incombustibilidade para garantir o primeiro resultado. Na Tabela 11 apresenta-se a classificação dos materiais em função do tipo de ocupação e uso.

Tabela 11 – Classificação requerida para os materiais de acabamento interno das edificações

		Parte da edificação a ser aplicado			Classe requerida para o material	
		Edifícios resistentes ao fogo	Edifícios semi-resistentes ao fogo	Outros edifícios	Partes internas de paredes ou tetos	Corredor, escadas e outras passagens
1	Teatros, cinemas, arquibancadas, casas de auditório, salas públicas, salas de auditório, etc.	400 m <sup>2</sup> ou mais (área do pavimento dos assentos para espectadores).	100 m <sup>2</sup> ou mais (espaço para assentos).		NC <sup>(3)</sup> SC <sup>(4)</sup> FR <sup>(5)</sup> NC ou SC é requerido acima do 2º andar. Exceto partes seccionadas em compartimentações de 100 m <sup>2</sup> .	NC SC
2	Hospitais, hotéis, pensões, escritórios coletivos, internatos, asilos, orfanatos, etc.	300 m <sup>2</sup> ou mais (área do pavimento acima do 2º andar).	300 m <sup>2</sup> ou mais (área do pavimento do 2º andar). No caso de hospitais, somente se aplica para edifícios que possuam leitos para pacientes do 2º andar.	200 m <sup>2</sup> ou mais		
3	Lojas de departamentos, mercados, salas de exibição, cabarés, cafés, clubes noturnos, bares, salões de dança, banhos públicos, restaurantes, comércios, centro de jogos, praças de alimentação (exceto que tenham menos que 10 m <sup>2</sup> ).	1000 m <sup>2</sup> ou mais (área acima do 2º pavimento).	500 m <sup>2</sup> ou mais (área do pavimento no 2º andar).	200 m <sup>2</sup> ou mais.	200 m <sup>2</sup> (para escritórios coletivos) ou menos.	
4	Facilidades de uso mencionadas em 1, 2 e 3, para subterrâneos.	Por pavimento.			NC SC	
5	Garagens, oficinas mecânicas.	Por pavimento.				
6	Salas sem janelas.	Por pavimento (exceto salas com teto a uma altura superior a 6 m).				

(continuação da Tabela 11)

7	Edifícios grandes.	<p>- 3 pavimentos ou mais, com área total de pavimento superior a 500 m<sup>2</sup>.</p> <p>- 2 pavimentos, com área total de pavimento superior a 1000 m<sup>2</sup>.</p> <p>- pavimento único, com área total superior a 3000 m<sup>2</sup>, exceto o seguinte:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- escolas, ginásios ou outros edifícios para esportes.</li> <li>- partes de edifícios para uso conforme especificado em 2 com altura máxima de 31 m.</li> </ul>	<p>NC</p> <p>SC</p> <p>FR</p> <p>Exceto: todas as partes de edifícios resistentes ao fogo, não designados ao uso especial e que possuam altura máxima de 31 m, compartimentados em áreas de 100 m<sup>2</sup>.</p>	<p>NC</p> <p>SC</p>
8	Salas com equipamentos de combate a incêndio, tais como cozinhas, salas de banho, saunas, etc. (não aplicável a salas em que as partes principais do edifício sejam de construção resistente ao fogo).	<p>Escritórios: salas situadas no mínimo no 2º andar em que existe atividade que utilize fogo, exceto no último pavimento.</p> <p>Outros: toda sala em que existe atividade que utilize fogo.</p>	<p>NC</p> <p>SC</p>	<p>—</p>
9	Pavimentos acima do 10º andar.	Compartimentação a cada 100 m <sup>2</sup> .	(1)	—
		Compartimentação a cada 200 m <sup>2</sup> (porta corta-fogo B não é permitida).	NC, SC (incluindo parte de trás).	—
		Compartimentação a cada 500 m <sup>2</sup> (porta corta-fogo B não é permitida).	NC, (incluindo parte de trás).	—
10	Shoppings subterrâneos e áreas de circulação	Compartimentação a cada 100 m <sup>2</sup> .	(2)	(subterrâneo) NC
		Compartimentação a cada 200 m <sup>2</sup> (porta corta-fogo B não é permitida).	NC, SC (incluindo parte de trás).	
		Compartimentação a cada 500 m <sup>2</sup> (porta corta-fogo B não é permitida).	NC, (incluindo parte de trás).	

FONTE: Introduction to The Building Law. Ministry of Construction, The Government of Japan, 1990, pp. 30-31, apud MITIDIARI (1998).

NOTAS:

- (1) Estas restrições não são aplicáveis a áreas de edifícios que contenham equipamentos automáticos de extinção (chuveiros automáticos) e equipamentos para exaustão de fumaça.
- (2) Se o tipo de edifício estiver entre duas ou mais provisões de restrições de materiais acima mencionadas, devem, então, serem aplicadas as mais restritivas.
- (3) NC: material não-combustível.
- (4) SC: material semicomcombustível.
- (5) FR: material fogo-retardante.

OBSERVAÇÕES:

- a) em 9, partes em edifícios compartimentados em áreas máximas de 100 m<sup>2</sup> não são alvos das restrições dos materiais utilizados. Porém, tais áreas são objeto das provisões

- mencionadas em 7, levando-se em consideração o número de andares e altura do edifício;
- b) em 10, partes em edifícios compartimentados em áreas máximas de 100 m<sup>2</sup> não são alvos das restrições dos materiais utilizados. Porém, tais áreas, quando utilizadas conforme uso mencionado em 1, 2 e 3, são objeto das provisões mencionadas em 4;
  - c) as restrições apresentadas na tabela acima não se aplicam a ambientes do edifício que contenham equipamentos automáticos de extinção (ex: chuveiros automáticos) e exaustores de fumaça;
  - d) se o ambiente analisado estiver entre duas ou mais provisões, deverão ser adotadas as restrições mais severas.

### **3.6 UNIÃO EUROPÉIA**

Os Estados que constituem a Comunidade Européia ainda não alcançaram uma harmonia entre as diversas metodologias existentes. É evidente o interesse geral para com a segurança contra incêndio dos materiais de construção, mas os prazos para a adoção de uma metodologia única são bastante flexíveis.

Uma solução proposta, conhecida como Euroclasses, contempla a identificação de métodos de ensaios europeus já existentes e em desenvolvimento. Uma vez definidos os métodos de ensaio, pode-se determinar (BERNA, 1996 apud MITIDIARI, 1998):

- a) o número de classes (relacionado com um ou mais tipos de uso previstos: revestimentos de estruturas de aço, paredes, fachadas, etc.);
- b) a ponderação dos parâmetros fundamentais (inflamabilidade, propagação de chamas, quantidade de calor desenvolvido, etc.);
- c) as regulamentações nacionais (decisão unilateral de que classe de produto pode ser utilizada, dependendo da configuração construtiva e de sua finalidade).

A Comissão Européia de Normalização (CEN) classifica os materiais em dois grandes grupos: I – materiais e produtos de construção com exclusão de pisos e II – materiais para pisos. Será analisado aqui o desempenho frente ao fogo somente para o grupo I, que é formado por:

- a) produtos utilizados para paredes e tetos, inclusive seus revestimentos;
- b) produtos incorporados aos sistemas construtivos;
- c) tubulações em geral;
- d) produtos para muros ou fachadas exteriores.

Os materiais são submetidos a ensaios correspondentes às normas ISO (exceto o SBI). São eles:

- a) determinação da incombustibilidade;
- b) determinação do poder calorífico;
- c) ensaio SBI (*single burning item*);
- d) ensaio SF (*small flame*).

As Euroclasses são compostas por 6 classes (A, B, C, D, E e F) e estão descritas na Tabela 12. As características das classes são mostradas na Tabela 13.

O movimento europeu pela harmonização dos ensaios de reação ao fogo dividiu em três categorias a avaliação da performance dos materiais de construção frente ao fogo. Elas são: reação ao fogo; resistência ao fogo; e reação à exposição às chamas. Em 8 de fevereiro de 2000, a Comissão de Normalização da Comunidade Européia publicou a Decisão da Comissão 2000/147/EC especificando a classificação da performance de reação ao fogo dos materiais de construção. Nesse momento, há duas tabelas de classificação, uma para pisos e outra para outros materiais de construção. Em cada tabela há sete classes, A1, A2, B, C, D, E e F (o subscrito FL é usado para diferenciar pisos dos outros materiais), sendo A1 o maior nível de performance correspondente aos materiais menos combustíveis. Para cada classe devem ser realizados ensaios específicos e obtidos os critérios adequados. Cada sistema de classificação é mantido por quatro métodos de ensaios acrescido da norma de classificação, como resumido na Tabela 14. Os critérios para as classes da performance da reação ao fogo são mostrados na Tabela 15 para materiais de construção, excluindo pisos, e na Tabela 16 para pisos (SMITH, 2001).

Deve-se notar que esse documento reflete o reconhecimento de que o teste *Single Burning Item* (SBI) pode não ser apropriado para todos os outros materiais de construção e uma nota de rodapé para a tabela de classes de performance da reação ao fogo dos materiais, excluindo pisos, está sendo ainda revisada e pode precisar de uma adaptação para o tratamento de algumas famílias de materiais, como produtos lineares: canos, dutos, cabos etc.

A Decisão 96/603/EC estabelece uma lista de produtos pertencentes à classe A: os produtos podem ser considerados como classe A sem ensaio e incluem, por exemplo, concreto, aço, vidro e silicato de cálcio.

Tabela 12 – Características de reação ao fogo das Euroclasses para materiais utilizados na construção civil

Situação do incêndio		Euroclasses	Classes de produtos	
Incêndio completamente desenvolvido em um recinto.	Nível de exposição: superior a 60kW/m <sup>2</sup> .	A	Nenhuma contribuição para o incêndio.	Poder calorífico e desenvolvimento de calor muito limitado. Combustão sem chama. Perda de massa limitada.
Incêndio completamente desenvolvido em um recinto.	Nível de exposição: superior a 60kW/m <sup>2</sup> .	B	Contribuição para o incêndio muito limitada.	Poder calorífico e desenvolvimento de calor muito limitado. Perda de massa limitada. Praticamente sem propagação de chama. Desenvolvimento de fumaça muito limitado. Sem gotejamento em chamas ou desprendimento de partículas carbonizadas, ou a combinação de ambos.
Ensaio SBI	Nível de exposição: máximo de 40kW/m <sup>2</sup> sobre uma superfície limitada e diminuindo com o aumento da superfície.	C	Contribuição para o incêndio muito limitada.	Propagação de chama muito limitada. Desenvolvimento de calor limitado. Desenvolvimento de fumaça limitado. Facilidade de ignição limitada. Sem gotejamento em chamas, desprendimento de partículas carbonizadas ou ambos muito limitados.
		D	Contribuição para o incêndio aceitável.	Propagação de chama limitada. Desenvolvimento de calor aceitável. Desenvolvimento de fumaça limitado. Facilidade de ignição aceitável. Sem gotejamento em chamas, desprendimento de partículas carbonizadas ou ambos limitados.
Fogo pequeno sobre a superfície limitada de um produto	Nível de exposição: queimador com altura de chama de 20 mm	E	Reação ao fogo aceitável.	Facilidade de ignição permitida.
		F	Nenhuma característica definida.	

FONTE: MAPFRE SEGURIDAD nº 64, 1996, p.64 apud MITIDIARI (1998).



Tabela 13 – Características das classes

Classe	Característica quanto à reação ao fogo	Características dos materiais
A	Nenhuma contribuição ao fogo	Não contribuem para o incêndio, mesmo numa situação em que o sinistro se encontre completamente desenvolvido. Admite-se que eles cumprem automaticamente todas as exigências estabelecidas para as classes seguintes.
B	Contribuição ao fogo muito limitada	Cumprem requisitos mais severos que os da classe C. Porém, em condições de um incêndio completamente desenvolvido, eles não contribuem para um significativo aumento da carga térmica do recinto, bem como para o desenvolvimento do fogo.
C	Contribuição ao fogo limitada	Como na classe D, porém cumprindo requisitos mais severos.
D	Contribuição ao fogo aceitável	Cumprem os requisitos da classe E e que são capazes de resistir, durante um período maior de tempo, à exposição de uma pequena chama, sem que se produza uma substancial propagação da mesma e com limitação quanto ao gotejamento em chamas. Quando submetidos ao ensaio SBI ( <i>small burning item</i> ), esses produtos devem apresentar: <ul style="list-style-type: none"> <li>- tempo para ignição suficientemente grande;</li> <li>- propagação de chama, desenvolvimento de calor e fumaça limitados;</li> <li>- gotejamento em chamas e desprendimento de partículas carbonizadas reduzidas.</li> </ul>
E	Reação ao fogo aceitável	Capacidade de resistir, durante um breve período de tempo, à exposição de uma pequena chama, sem que se produza uma substancial propagação da mesma.
F	Nenhuma característica determinada	Materiais aos quais não são especificadas características de reação ao fogo ou que não podem ser enquadrados nas classes A, B, C, D ou E.

FONTE: MITIDIARI (1998).

Tabela 14 – Resumo do ensaio e normas complementares para classificar a performance da reação ao fogo dos materiais de construção na Europa

Materiais de construção, exclusive pisos	Pisos	Título
BS EN ISO 1182	BS EN ISO 1182	Não combustibilidade
BS EN ISO 1716	BS EN ISO 1716	Valor calorífico denso
BS EN 13823		<i>Single burning item</i> (SBI)
	BS EN ISO 9239-1	Painel radiante
BS EN ISO 11925-2	BS EN ISO 11925-2	Ignição de chama pequena
BS EN 13501-1	BS EN 13501-1	Norma de classificação

FONTE: SMITH (2001).

Tabela 15 – Classes de performance da reação ao fogo para materiais de construção, excluindo pisos<sup>(\*)</sup>

Classe	Método de ensaio	Crítérios de classificação	Classificação adicional
A1	EN ISO 1182 <sup>(1)</sup> e	$T \leq 30^\circ \text{C}$ ; e $m \leq 50\%$ ; e $t_r = 0$ (i.e. chama não sustentada)	—
	EN ISO 1716	PCS $\leq 2,0 \text{ MJkg}^{-1}$ <sup>(1)</sup> e PCS $\leq 2,0 \text{ MJkg}^{-1}$ <sup>(2)</sup> <sup>(2a)</sup> e PCS $\leq 1,4 \text{ MJm}^{-2}$ <sup>(3)</sup> e PCS $\leq 2,0 \text{ MJkg}^{-1}$ <sup>(4)</sup>	—
A2	EN ISO 1182 <sup>(1)</sup> e	$T \leq 50^\circ \text{C}$ ; e $m \leq 50\%$ ; e $t_r = 20\text{s}$	—
	EN ISO 1716 e	PCS $\leq 3,0 \text{ MJkg}^{-1}$ <sup>(1)</sup> e PCS $\leq 4,0 \text{ MJm}^{-2}$ <sup>(2)</sup> <sup>(2a)</sup> e PCS $\leq 4,0 \text{ MJm}^{-2}$ <sup>(3)</sup> e PCS $\leq 3,0 \text{ MJkg}^{-1}$ <sup>(4)</sup>	—
	EN 13823 (SBI)	FIGRA $\leq 120 \text{ W s}^{-1}$ e LFS $\leq$ lado da amostra e THR <sub>600s</sub> $\leq 7,5 \text{ MJ}$	Produção de fumaça <sup>(5)</sup> , e gotículas/partículas de chamas <sup>(6)</sup>
B	EN 13823 (SBI) e	FIGRA $\leq 120 \text{ W s}^{-1}$ e LFS $\leq$ lado da amostra e THR <sub>600s</sub> $\leq 7,5 \text{ MJ}$	Produção de fumaça <sup>(5)</sup> , e gotículas/partículas de chamas <sup>(6)</sup>
	EN ISO 11925-2 <sup>(8)</sup>	Fs $\leq 150 \text{ mm}$ em 60s	
C	EN 13823 (SBI) e	FIGRA $\leq 250 \text{ mm W s}^{-1}$ e LFS $\leq$ lado da amostra e THR <sub>600s</sub> $\leq 15 \text{ MJ}$	Produção de fumaça <sup>(5)</sup> , e gotículas/partículas de chamas <sup>(6)</sup>
	EN ISO 11925-2 <sup>(8)</sup> Exposição = 30s	Fs $\leq 150 \text{ mm}$ em 60s	
D	EN 13823 (SBI) e	FIGRA $\leq 750 \text{ mm W s}^{-1}$	Produção de fumaça <sup>(5)</sup> , e gotículas/partículas de chamas <sup>(6)</sup>
	EN ISO 11925-2 <sup>(8)</sup> Exposição = 30s	Fs $\leq 150 \text{ mm}$ em 60s	
E	EN ISO 11925-2 <sup>(8)</sup> Exposição = 15s	Fs $\leq 150 \text{ mm}$ em 20s	Gotículas/partículas de chamas <sup>(7)</sup>
F	Nenhuma performance determinada		

FONTE: SMITH (2001).

NOTAS:

(\*) O tratamento de algumas famílias de produtos, por exemplo, produto linear (canos, dutos, cabos etc), está sendo revisado e pode precisar de correção para esta decisão.

(1) Para produtos homogêneos e componentes substanciais de produtos não homogêneos.

(2) Para qualquer componente não substancial de produtos não homogêneos.

(2a) Alternativamente, qualquer componente não substancial externo que tenha um PCS  $\leq 2,0 \text{ MJm}^{-2}$ , contanto que o produto satisfaça os critérios da EN 13823 (SBI): FIGRA  $\leq 20 \text{ W s}^{-1}$  e LFS  $\leq$  lado da amostra, e THR<sub>600s</sub>  $\leq 4,0 \text{ MJm}^{-2}$  e s1 e d0.

(3) Para qualquer componente não substancial interno de produtos não homogêneos.

- (4) Para produto como um todo.
- (5)  $s1 = \text{SMOGRA} \leq 30\text{m}^2\text{s}^{-2}$  e  $\text{TSP}_{600\text{s}} \leq 50\text{m}^2$ ;  $s2 = \text{SMOGRA} \leq 30\text{m}^2\text{s}^{-2}$  e  $\text{TSP}_{600\text{s}} \leq 200\text{m}^2$ ;  $s3 =$  não  $s1$  ou  $s2$ .
- (6)  $d0 =$  nenhuma gotículas/partículas de chamas em EN 13823 (SBI) em 600s;  $d1 =$  nenhuma gotículas/partículas de chamas persistem mais que 10s em EN 13823 (SBI) em 600s;  $d2 =$  nenhum  $d0$  ou  $d1$ ; ignição do papel em EN ISO 11925-2 resulta em uma classificação  $d2$ .
- (7) Passe = nenhuma ignição do papel (não classificação); falha = ignição do papel (classificação  $d2$ ).
- (8) Em condições de ataque de superfície de chamas e, se apropriado para o fim de aplicação do produto, ataque de borda da chama.

Tabela 16 – Classes de performance da reação ao fogo para pisos

Classe	Método de ensaio	Crítérios de classificação	Classificação adicional
A1 <sub>FL</sub>	EN ISO 1182 <sup>(1)</sup> e	$\square T \leq 30^\circ \text{C}$ ; e $\square m \leq 50\%$ ; e $t_r = 0$ (i.e. chama não sustentada)	—
	EN ISO 1716	PCS $\leq 2,0 \text{ MJkg}^{-1}$ <sup>(1)</sup> e PCS $\leq 2,0 \text{ MJkg}^{-1}$ <sup>(2)</sup> e PCS $\leq 1,4 \text{ MJm}^{-2}$ <sup>(3)</sup> e PCS $\leq 2,0 \text{ MJkg}^{-1}$ <sup>(4)</sup>	—
A2 <sub>FL</sub>	EN ISO 1182 <sup>(1)</sup> e	$\square T \leq 50^\circ \text{C}$ ; e $\square m \leq 50\%$ ; e $= 20\text{s}$	—
	EN ISO 1716 e	PCS $\leq 3,0 \text{ MJkg}^{-1}$ <sup>(1)</sup> e PCS $\leq 4,0 \text{ MJm}^{-2}$ <sup>(2)</sup> <sup>(2a)</sup> e PCS $\leq 4,0 \text{ MJm}^{-2}$ <sup>(3)</sup> e PCS $\leq 3,0 \text{ MJkg}^{-1}$ <sup>(4)</sup>	—
	EM ISO 9239-1 <sup>(5)</sup>	Fluxo crítico <sup>(6)</sup> $\leq 8,0 \text{ kWm}^{-2}$	Produção de fumaça <sup>(7)</sup>
B <sub>FL</sub>	EN ISO 9239-1 <sup>(5)</sup> e	Fluxo crítico <sup>(6)</sup> $\leq 8,0 \text{ kWm}^{-2}$	Produção de fumaça <sup>(7)</sup>
	EN ISO 11925-2 <sup>(8)</sup> Exposição = 15s	Fs $\leq 150 \text{ mm}$ em 20s	

(continuação da Tabela 16)

C <sub>FL</sub>	EN ISO 9239-1 <sup>(5)</sup> e	Fluxo crítico <sup>(6)</sup> □ 4,5 kWm <sup>-2</sup>	Produção de fumaça <sup>(7)</sup>
	EN ISO 11925-2 <sup>(8)</sup> Exposição = 15s	Fs □ 150 mm em 20s	
D <sub>FL</sub>	EN ISO 9239-1 <sup>(5)</sup> e	Fluxo crítico <sup>(6)</sup> □ 3,0 kWm <sup>-2</sup>	Produção de fumaça <sup>(7)</sup>
	EN ISO 11925-2 <sup>(8)</sup> Exposição = 15s	Fs □ 150 mm em 20s	
E <sub>FL</sub>	EN ISO 11925-2 <sup>(8)</sup> Exposição = 15s	Fs □ 150 mm em 20s	—
F <sub>FL</sub>	Nenhuma performance determinada		

FONTE: SMITH (2001).

NOTAS:

- (1) Para produtos homogêneos e componentes substanciais de produtos não homogêneos.
- (2) Para qualquer componente não substancial externo de produtos não homogêneos.
- (3) Para qualquer componente não substancial interno de produtos não homogêneos.
- (4) Para produto como um todo.
- (5) Duração do ensaio = 30 minutos.
- (6) O fluxo crítico é definido como o fluxo radiante no qual a chama se extingue ou o fluxo radiante após um período de ensaio de 30 minutos, qualquer que seja o mais baixo (i. e. o fluxo correspondente com a extensão mais distante da superfície da chama).
- (7) s1 = fumaça □ 750%min; s2 = não s1.
- (8) Em condições de ataque de superfície de chamas e, se apropriado para o fim de aplicação do produto, ataque de borda da chama.

### 3.7 ESTADO DE SÃO PAULO, BRASIL

As regulamentações e normas vigentes na área de segurança contra incêndio no Brasil são deficientes. As exigências nas regulamentações estaduais e municipais dos municípios de Curitiba, Rio de Janeiro, Belo Horizonte e Brasília (concentrações populacionais mais elevadas) referem-se somente a incombustibilidade do material e, em alguns casos, a algum tratamento que melhore suas características de reação ao fogo (MITIDIERI, 1998). Observa-se que existe uma limitação quanto à utilização de materiais combustíveis, pois os que não apresentam desempenho satisfatório frente ao fogo podem ter seu uso impedido. Desta maneira, acaba-se por desconsiderar a diversidade de materiais disponíveis no mercado.

A regulamentação para o Estado de São Paulo é a mais completa, por isto será abordada aqui. Trata-se da Instrução Técnica nº10 (IT-10) – “Controle de Materiais de Acabamento e Revestimento” do Corpo de Bombeiros. Esta instrução foi estabelecida

recentemente e já está sendo aplicada no Estado de São Paulo. Por ela, o controle dos materiais de acabamento e revestimento empregados nas edificações, se destina a estabelecer padrões para o não surgimento de condições propícias do crescimento e propagação de incêndios, bem como da geração de fumaça (IT-10).

O Decreto nº 46076 do Estado de São Paulo classifica os edifícios em função do tipo de uso e natureza da ocupação conforme a Tabela 17. O controle dos materiais é exigido conforme a ocupação e o uso, e as exigências quanto à utilização dos materiais são requeridas conforme a Tabela 18.

Tabela 17 – Classificação das edificações e áreas de risco quanto à ocupação

Grupo	Ocupação/ Uso	Divisão	Descrição	Exemplos
A	Residencial	A-1	Habitação unifamiliar	Casas térreas ou assobradadas (isoladas e não isoladas) e condomínios horizontais.
		A-2	Habitação multifamiliar	Edifícios de apartamentos em geral.
		A-3	Habitação coletiva	Pensionatos, internatos, alojamentos, mosteiros, conventos, residências geriátricas. Capacidade máxima de 16 leitos.
B	Serviço de hospedagem	B-1	Hotel e assemelhado	Hotéis, motéis, pensões, hospedarias, pousadas, albergues, casas de cômodos e divisão A-3 com mais de 16 leitos. E assemelhados.
		B-2	Hotel residencial	Hotéis e assemelhados com cozinha própria nos apartamentos (incluem-se apart-hotéis, hotéis residenciais) e assemelhados.
C	Comercial	C-1	Comércio com baixa carga de incêndio	Armarinhos, artigos de metal, louças, artigos hospitalares e outros.
		C-2	Comércio com média e alta carga de incêndio	Edifícios de lojas de departamentos, magazines, galerias comerciais, supermercados em geral, mercados e outros.
		C-3	Shoppings centers	Centro de compras em geral (shoppings centers).

(continuação da Tabela 17)

D	Serviço profissional	D-1	Local para prestação de serviço profissional ou condução de negócios	Escritórios administrativos ou técnicos, instituições financeiras (que não estejam incluídas em D-2), repartições públicas, cabeleireiros, centros profissionais e assemelhados.
		D-2	Agência bancária	Agências bancárias e assemelhados.
		D-3	Serviço de reparação (exceto os classificados em G-4)	Lavanderias, assistência técnica, reparação e manutenção de aparelhos eletrodomésticos, chaveiros, pintura de letreiros e outros.
		D-4	Laboratório	Laboratórios de análises clínicas sem internação, laboratórios químicos, fotográficos e assemelhados.
E	Educacional e cultura física	E-1	Escola em geral	Escolas de primeiro, segundo e terceiro graus, cursos supletivos e pré-universitários e assemelhados.
		E-2	Escola especial	Escolas de arte e artesanato, de línguas, de cultura geral, de cultura estrangeira, escolas religiosas e assemelhados.
		E-3	Espaço para cultura física	Locais de ensino e/ou práticas de artes marciais, ginásticas (artística, dança, musculação e outros), esportes coletivos (tênis, futebol e outros que não estejam incluídos em F-3), sauna, casas de fisioterapia e assemelhados.
		E-4	Centro de treinamento profissional	Escolas profissionais em geral.
		E-5	Pré-escola	Creches, escolas maternas, jardins-de-infância.
		E-6	Escola para portadores de deficiências	Escolas para excepcionais, deficientes visuais e auditivos e assemelhados.
F	Local de reunião de público	F-1	Local onde há objeto de valor inestimável	Museus, centro de documentos históricos, bibliotecas e assemelhados.
		F-2	Local religioso e velório	Igrejas, capelas, sinagogas, mesquitas, templos, cemitérios, crematórios, necrotérios, salas de funerais e assemelhados.

(continuação da Tabela 17)

		F-3	Centro esportivo e de exibição	Estádios, ginásios e piscinas com arquibancadas, rodeios, autódromos, sambódromos, arenas em geral, academias, pista de patinação e assemelhados.
		F-4	Estação e terminal de passageiro	Estações rodoferroviárias e marítimas, portos, metrô, aeroportos, heliponto, estações de transbordo em geral e assemelhados.
		F-5	Arte cênica e auditório	Teatros em geral, cinemas, óperas, auditórios de estúdios de rádio e televisão, auditórios em geral e assemelhados.
		F-6	Clubes social e diversão	Boates, clubes em geral, salões de baile, restaurantes dançantes, clubes sociais, bingo, bilhares, tiro ao alvo, boliche e assemelhados.
		F-7	Construção provisória	Circos e assemelhados.
		F-8	Local para refeição	Restaurantes, lanchonetes, bares, cafés, refeitórios, cantinas e assemelhados.
		F-9	Recreação pública	Jardim Zoológico, parques recreativos e assemelhados. Edificações permanentes.
		F-10	Exposição de objetos e animais	Salões e salas de exposição de objetos e animais, show-room, galerias de arte, aquários, planetários e assemelhados. Edificações permanentes.
G	Serviço automotivo e assemelhados	G-1	Garagem sem acesso de público e sem abastecimento	Garagens automáticas.
		G-2	Garagem com acesso de público e sem abastecimento	Garagens coletivas sem automação, em geral, sem abastecimento (exceto veículos de carga e coletivos).
		G-3	Local dotado de abastecimento de combustível	Postos de abastecimento e serviço, garagens (exceto veículos de carga e coletivos).
		G-4	Serviço de conservação, manutenção e reparos	Oficinas de conserto de veículos, borracharia (sem recauchutagem). Oficinas e garagens de veículos de carga e coletivos, máquinas agrícolas e rodoviárias, retificadoras de motores.

(continuação da Tabela 17)

		G-5	Hangares	Abrigos para aeronaves com ou sem abastecimento.
H	Serviço de saúde e institucional	H-1	Hospital veterinário e assemelhados	Hospitais, clínicas e consultórios e assemelhados (inclui-se alojamento com ou sem adestramento).
		H-2	Locais onde pessoas requerem cuidados especiais por limitações físicas ou mentais	Asilos, orfanatos, abrigos geriátricos, hospitais psiquiátricos, reformatórios, tratamento de dependentes de drogas, álcool e assemelhados. Todos sem celas.
		H-3	Hospital e assemelhado	Hospitais, casa de saúde, pronto-socorro, clínicas com internação, ambulatórios e postos de atendimento de urgência, postos de saúde e puericultura e assemelhados com internação.
		H-4	Repartição pública, edificações das forças armadas e policiais	Edificações do Executivo, Legislativo e Judiciário, tribunais, cartórios, quartéis, centrais de polícia, delegacias, postos policiais e assemelhados.
		H-5	Local onde a liberdade das pessoas sofre restrições	Hospitais psiquiátricos, manicômios, reformatórios, prisões em geral (casa de detenção, penitenciárias, presídios) e instituições assemelhadas. Todos com celas.
		H-6	Clínica e consultório médico e odontológico	Clínicas médicas, consultórios em geral, unidades de hemodiálise, ambulatórios e assemelhados. Todos sem internação.
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 manipulam materiais com baixo risco de incêndio, tais como fábricas em geral, onde os processos não envolvem a utilização intensiva de materiais combustíveis (aço; aparelhos de rádio e som; armas; artigos de metal; gesso; esculturas de pedra; ferramentas; fotogravuras; jóias; relógios; sabão; serralheria; suco de frutas; louças; metais; 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>	Atividades que manipulam materiais com médio risco de incêndio, tais como: artigos de vidro; automóveis, bebidas destiladas; instrumentos musicais; móveis; alimentos marcenarias, fábricas de caixas e assemelhados.



(continuação da Tabela 17)

		I-3	Locais onde há alto risco de incêndio. Locais com carga de incêndio superior a 1.200 MJ/m <sup>2</sup>	Fabricação de explosivos, atividades industriais que envolvam líquidos e gases inflamáveis, materiais oxidantes, destilarias, refinarias, ceras, espuma sintética, elevadores de grãos, tintas, borracha e assemelhados.
J	Depósito	J-1	Depósitos de material incombustível	Edificações sem processo industrial que armazenam tijolos, pedras, areias, cimentos, metais e outros materiais incombustíveis. Todos sem embalagem.
		J-2	Todo tipo de depósito	Depósitos com carga de incêndio até 300MJ/m <sup>2</sup> .
		J-3	Todo tipo de depósito	Depósitos com carga de incêndio entre 300 a 1.200MJ/m <sup>2</sup> .
		J-4	Todo tipo de depósito	Depósitos onde a carga de incêndio ultrapassa a 1.200MJ/m <sup>2</sup> .
L	Explosivos	L-1	Comércio	Comércio em geral de fogos de artifício e assemelhados.
		L-2	Indústria	Indústria de material explosivo.
		L-3	Depósito	Depósito de material explosivo.
M	Especial	M-1	Túnel	Túnel rodoferroviário e marítimo, destinados a transporte de passageiros ou cargas diversas.
		M-2	Tanques ou parque de tanques	Edificação destinada à produção, manipulação, armazenamento e distribuição de líquidos ou gases combustíveis e inflamáveis.
		M-3	Central de comunicação e energia	Central telefônica, centros de comunicação, centrais de transmissão ou de distribuição de energia e assemelhados.
		M-4	Propriedade em transformação	Locais em construção ou demolição e assemelhados.
		M-5	Processamento de lixo	Propriedade destinada ao processamento, reciclagem ou armazenamento de material recusado/descartado.

(continuação da Tabela 17)

		M-6	Terra selvagem	Floresta, reserva ecológica, parque florestal e assemelhados.
		M-7	Pátio de containeres	Área aberta destinada a armazenamento de containeres.

FONTE: Decreto nº 46076 do Estado de São Paulo.

Tabela 18 – Classe dos materiais a serem utilizados considerando grupo/divisão da ocupação/uso em função da finalidade do material

Grupo/Divisão	Finalidade do material		
	Piso (Acabamento <sup>1</sup> /Revestimento)	Parede e divisória (Acabamento <sup>2</sup> /Revestimento)	Teto e forro (Acabamento/Revestimento)
A2 <sup>6</sup> , A3 <sup>6</sup> e Condomínios residenciais <sup>6</sup>	Classe I, II-A, III-A, IV-A ou V-A <sup>8</sup>	Classe I, II-A, III-A ou IV-A <sup>9</sup>	Classe I, II-A ou III-A <sup>7</sup>
N, D, E, G, H, I1, J1 <sup>4</sup> E J2	Classe I, II-A, III-A ou IV-A	Classe I, II-A ou III-A <sup>10</sup>	Classe I ou II-A
C, F <sup>5</sup> , I2, I3, J3, J4, L1, M2 <sup>3</sup> e M3	Classe I, II-A, III-A ou IV-A	Classe I ou II-A	Classe I ou II-A

FONTE: Instrução Técnica nº 10 do Corpo de Bombeiros, 2001.

NOTAS:

- 1- Incluem-se aqui cordões, rodapés e arremates;
- 2- Excluem-se aqui portas, janelas, coroes e outros acabamentos decorativos com área inferior a 10% da parede onde estão aplicados;
- 3- Somente para líquidos e gases combustíveis e inflamáveis acondicionados;
- 4- Exceto edificação térrea;
- 5- Obrigatório para todo grupo F exceto a divisão F7 no que se refere a edificações com altura superior a 06 (seis) metros;
- 6- Somente para edificações com altura superior a 12 (doze) metros;
- 7- Exceto para cozinhas que será Classe I ou II-A;
- 8- Exceto para revestimentos que será Classe I, II-A, III-A ou IV-A;
- 9- Exceto para revestimentos que será Classe I, II-A ou III-A; e
- 10- Exceto para revestimentos que será Classe I ou II-A.

### 3.8 ANÁLISE COMPARATIVA

As regulamentações prescritivas quanto à reação ao fogo dos materiais não permitem uma análise comparativa direta, uma vez que há variações entre os ensaios especificamente considerados. As regulamentações americana e canadense consideram o índice de propagação de chama e a densidade óptica de fumaça como os parâmetros definidores da parcela do risco devido ao material de revestimento. Ambas distinguem

os riscos de rotas de fuga enclausuradas, rotas de fuga não-enclausuradas e outras áreas da edificação, mas a norma canadense faz exigências específicas para tetos, paredes e pisos.

A regulamentação inglesa baseia a sua classificação dos materiais no índice de propagação superficial de chama, na ignitabilidade e na razão de liberação de calor. Quanto às rotas de fuga, a exigência é de incombustibilidade dos materiais o que, de certo modo, simplifica o texto normativo, permanecendo do lado conservador: note-se que não há exigência quanto à movimentação de fumaça. Já a regulamentação japonesa classifica os materiais quanto à incombustibilidade, à velocidade de propagação superficial de chamas e quanto à toxicidade da fumaça. Um aspecto inovador nesta regulamentação é a introdução de áreas de piso de compartimentação como um dos critérios para o estabelecimento das exigências.

No Brasil, os métodos de ensaios que devem ser utilizados para classificar os materiais com relação ao seu comportamento frente ao fogo (reação ao fogo), seguem os padrões indicados na Tabela 19.

Na Europa, como consequência do processo de formação do bloco político-econômico, iniciativas para harmonização da regulamentação de ensaios de caracterização da reação ao fogo dos materiais foram tomadas na década passada. Um documento de diretrizes comuns foi adotado e as normas consequentes devem ser editadas proximamente (SMITH, 2001).

O documento de diretrizes acima citado resultará em grandes mudanças na maneira em que os materiais de construção são testados, classificados e transportados em toda a Europa. No momento ainda não está claro o que será exigido dos fabricantes (SMITH, 2001). No entanto, o que está claro é que durante um período de tempo, chamado “período de co-existência”, os atuais métodos de ensaios nacionais de fogo (por exemplo, as séries BS 476 de ensaios da Inglaterra) serão substituídos por um novo conjunto de ensaios europeus que podem variar em diversos aspectos como condições térmicas de exposição, condições de ventilação e apresentação de amostras.

No Brasil, a regulamentação do CBM/PMESP classifica os materiais quanto à densidade óptica de fumaça, ao índice de propagação superficial de chamas e à combustibilidade, empregando duas normas estrangeiras e uma brasileira, respectivamente a ASTM E 662, a ISO 1182 e a NBR 9442. No que tange à edificação,

a regulamentação faz distinção entre piso, parede e divisória, e teto e forro, com exigências mais rigorosas para os dois últimos.

Tabela 19 – Classificação dos materiais conforme velocidade de propagação de chama e emissão de fumaça

Método de Ensaio Classe		ISO 1182	NBR 9442	ASTM E 662
<b>I</b>		Incombustível	-	-
<b>II</b>	<b>A</b>	Combustível	$I_p \leq 25$ (classe A)	$D_m \leq 450$
	<b>B</b>	Combustível	$I_p \leq 25$ (classe A)	$D_m > 450$
<b>III</b>	<b>A</b>	Combustível	$25 < I_p \leq 75$ (classe B)	$D_m \leq 450$
	<b>B</b>	Combustível	$25 < I_p \leq 75$ (classe B)	$D_m > 450$
<b>IV</b>	<b>A</b>	Combustível	$75 < I_p \leq 150$ (classe C)	$D_m \leq 450$
	<b>B</b>	Combustível	$75 < I_p \leq 150$ (classe C)	$D_m > 450$
<b>V</b>	<b>A</b>	Combustível	$150 < I_p \leq 400$ (classe D)	$D_m \leq 450$
	<b>B</b>	Combustível	$150 < I_p \leq 400$ (classe D)	$D_m > 450$
<b>VI</b>		Combustível	$I_p > 400$ (classe E)	-

$I_p$  – Índice médio de propagação superficial de chama  
 $D_m$  – Densidade óptica específica máxima de fumaça para ensaios com e sem chama.

FONTE: Instrução Técnica nº 10 do Corpo de Bombeiros, 2001.

As diferenças de rigor entre as regulamentações certamente são aparentes, porque exigências complementares freqüentemente se encontram distribuídas em regulamentações específicas. Por exemplo, não se pode supor que a regulamentação inglesa não considere os riscos gerados pela fumaça, quando não os menciona diretamente na norma considerada. Com efeito, a norma BS 5588: Part 10 (1991) traz exigências quanto à movimentação de fumaça para edificações de centros comerciais. Entretanto, uma análise comparativa de toda a regulamentação de segurança contra incêndio desses países está evidentemente fora do escopo desse trabalho.

Mantendo o foco sobre as regulamentações consultadas, as seguintes semelhanças são encontradas:

- a) a classificação dos materiais é feita através de ensaios específicos sobre amostras, sendo mais comuns os ensaios que visam medir a velocidade de propagação superficial de chamas e a densidade ótica de fumaça;
- b) as rotas de fuga são objeto de exigências mais rigorosas, sendo possível fazer distinção quanto aos materiais utilizáveis nos pisos, nas paredes e nos tetos.

Por outro lado, as seguintes particularidades foram consideradas em pelo menos uma das regulamentações examinadas:

- a) a área de piso de compartimentação como um fator determinante de maior risco em relação à reação ao fogo dos materiais (norma japonesa);
- b) o emprego da razão de liberação de calor como um dos ensaios para classificação dos materiais (norma europeia).

## **CAPÍTULO 4**

---

### **TEMPO DISPONÍVEL PARA O ESCAPE SEGURO E REAÇÃO AO FOGO DOS MATERIAIS**

#### **4.1 INTRODUÇÃO**

Em uma fase preliminar do processo de projeto de uma edificação, em geral, define-se o objetivo de segurança contra incêndio. Embora a proteção à vida seja o principal objetivo na regulamentação, o impacto financeiro decorrente das perdas materiais, diretas e indiretas, decorrentes de incêndio, também é considerado.

Em certas situações, o atendimento das prescrições da regulamentação oficial pode ser feito seguindo alguns passos de relativa simplicidade. Há casos, porém, em que a regulamentação, face à complexidade dos cenários de incêndio mais prováveis, limita-se a estabelecer o requisito de segurança, deixando aos profissionais de projeto a incumbência de efetuar os estudos da segurança da edificação. Essa complexidade é, em geral, resultante de características dos usuários, das edificações e da interação de ambos em situação de incêndio.

Quanto aos usuários, alguns parâmetros podem torná-los mais ou menos suscetíveis aos efeitos de um incêndio, elevando, conforme o caso, a severidade de um evento. São eles: seu estado de saúde, mormente no que diz respeito à sua mobilidade; seu estado de atenção, enquanto situados na edificação; seu treinamento para o escape nas situações de início de incêndio. No que tange à edificação, a sua arquitetura pode ou não facilitar a orientação dos usuários; pode ser maior ou menor a sua adequação ao número de usuários efetivamente nela admitidos. No que concerne à interação usuário-edificação, a familiaridade do usuário com o espaço que utiliza e a eficiência da sinalização de emergência no contexto do uso da edificação são parâmetros que podem influir na severidade de um incêndio.

O objetivo de segurança da vida humana em situação de incêndio pode ser posto em termos de:

- a) os usuários da edificação são capazes de escapar em razoáveis condições de segurança sem se expor às conseqüências do incêndio, quando estas atingem níveis insustentáveis;
- b) as operações de assistência ao escape dos usuários, quando necessárias, de resgate e de combate ao incêndio podem ser efetuadas sem riscos excessivos de danos à vida;
- c) o colapso estrutural, global ou parcial, da edificação não expõe usuários situados dentro da edificação, bombeiros ou pessoas na sua vizinhança a riscos excessivos de danos à vida.

Observa-se que, evidentemente, o objetivo de proteção à vida se atinge plenamente com a evacuação dos usuários dos compartimentos afetados por incêndio. Pode, ainda assim, ocorrer danos à vida dos bombeiros, mas esses certamente serão menores e menos freqüentes, quando esses profissionais não são obrigados a auxiliar escape ou efetuar resgate em condições de grande risco. Daí se conclui que a consecução do principal objetivo de toda a regulamentação de segurança contra incêndio depende de como se processa o escape da edificação.

O tempo necessário para que os ocupantes de uma edificação atinjam um local de segurança depende, entre outros fatores, do tempo no qual o incêndio cria condições insustentáveis para a vida humana no ambiente considerado. Portanto, o objetivo de segurança à vida, no que tange ao projeto, consiste em assegurar que o tempo disponível para o escape seguro, ASET, seja maior que o tempo requerido para o escape,  $\Delta t_{esc}$ . O tempo requerido para o escape é a soma do tempo que decorre do início de ignição ao alarme,  $\Delta t_a$ , com o tempo necessário para evacuação,  $\Delta t_{vac}$ .

ASET pode ser definido como o tempo em que o incêndio origina condições insustentáveis para a vida humana em um determinado ambiente. Em um enfoque prescritivo, ASET é considerado de forma subjetiva, em geral tendo em vista a experiência das autoridades públicas de segurança contra incêndio e reflete as exigências mínimas estabelecidas para cada ocupação. Mas, do ponto de vista do modelamento determinístico do incêndio, ASET pode ser calculado em função:

- a) da altura,  $z$ , do colchão de fumaça, a partir do teto;
- b) da distância de visibilidade,  $S$ ;

c) da temperatura,  $\theta_c$ , do colchão de fumaça.

Dentro dessa perspectiva, a determinação de ASET depende do modelamento do início e desenvolvimento do incêndio, bem como do movimento de seus efluentes. Portanto, ASET é uma função direta da reação ao fogo dos materiais.

A abordagem do problema de segurança contra incêndio de uma edificação no nível do projeto pode ser feita tendo em vista uma regulamentação prescritiva ou adotando uma filosofia de projeto baseado em desempenho. Tendo em conta as lacunas existentes na regulamentação prescritiva nacional no que tange à reação ao fogo dos materiais e a tendência mundial para o uso do projeto baseado em desempenho, nesse capítulo, discute-se uma metodologia para determinação do tempo de escape, a partir da qual seja possível estabelecer diretrizes para uma regulamentação.

#### 4.2 TEMPO NECESSÁRIO PARA ESCAPE

Em um enfoque de engenharia de incêndio, o tempo necessário para o escape costuma ser composto de várias parcelas. Se a ignição ocorre no instante inicial de referência, a sua detecção somente ocorrerá após  $\Delta t_{det}$  segundos, dependendo de diversos fatores, entre os quais das características físicas do sistema de detecção e da sua localização em relação à fonte de calor ou de fumaça. Do mesmo modo, decorrem  $\Delta t_a$  segundos até que o alarme seja acionado. A reação ao alarme, isto é, o intervalo de tempo decorrido entre o acionamento do alarme e o primeiro movimento em direção à uma saída de emergência, se dá com um atraso que se denomina tempo de pré-movimento,  $\Delta t_{pre}$ . O tempo que a população da edificação gasta até a passagem através da saída é  $\Delta t_e$ . Portanto, deve-se ter o tempo de escape de toda a população de usuários da edificação,  $t_{esc}$ , dado por:

$$t_{esc} = \Delta t_{det} + \Delta t_a + \Delta t_{pre} + \Delta t_e \quad (1)$$

A equação acima somente pode ser aplicada após a elaboração minuciosa de um perfil de escape da população da edificação. Para tanto, alguns parâmetros são discutidos a seguir.



#### 4.2.1 Capacidade de ocupação

Do ponto de vista conceitual, a capacidade de ocupação de um compartimento é o número máximo de pessoas que podem ocupá-lo simultaneamente. Ela pode ser determinada, em projeto, dividindo-se a área de piso utilizável por um fator de ocupação em pessoas por unidade de área. Existem estimativas do fator de ocupação em diversos países para classes de ocupação distintas. Por exemplo, o *Fire Safety Approved Document B* (1992) traz fatores de ocupação de piso para diversas ocupações, aplicáveis na Grã-Bretanha; a norma *BS 5588: Part 10* (1991) traz fatores de ocupação para centros comerciais.

Evidentemente, a ocupação de uma edificação (como, de resto, de qualquer espaço) é uma característica cultural de uma dada população. Algumas edificações têm a ocupação definida em projeto como cinemas e restaurantes (ocupação em função do número de assentos). Nas edificações com acesso de público, a ocupação pode variar em função do evento considerado e, até mesmo, de seu significado social. Nas residências, a densidade de ocupação varia com a classe de renda da população considerada; nos escritórios, há uma variação notável nas características da ocupação conforme a época em que foram projetados os edifícios (ASSIS, 2001).

No que concerne à ocupação, os estabelecimentos de centros comerciais parecem ter especificidades no Brasil que os distinguem dos seus similares em outros países do primeiro mundo. A Tabela 20 fornece valores do fator de ocupação dados pela norma inglesa citada acima e pela norma espanhola NBE CPI (1991).

É difícil estabelecer um critério para extrapolar valores característicos de normas estrangeiras para uso no Brasil. Nesta situação, MALHOTRA (1993), em relatório de consultoria que tratou de uma proposta de regulamentação para o Estado de São Paulo, adotou os mesmos índices de ocupação da norma inglesa *Fire Safety Approved Document B, Building Regulations 1991*.

A norma NBR 9077 (1993) estabelece para os centros comerciais brasileiros o fator de ocupação de 0,33 pessoas/m<sup>2</sup>, valor esse inferior ao que estabelece a norma britânica citada (0,5 pessoas/m<sup>2</sup>). Porém, dados estatísticos, publicados pela ABRASCE, parecem indicar que a adoção desses parâmetros de ocupação é inadequada. Segundo ALVES (2001), em 2000, os centros comerciais correspondiam a

cerca de 5 milhões de metros quadrados de área bruta locável e eram visitados por 100 milhões de pessoas a cada mês. Com esses dados, chega-se a um fluxo de usuários de centros comerciais da ordem de 5 pessoas/m<sup>2</sup>/semana, adotando-se a hipótese de uma distribuição uniforme em todos os centros comerciais. Assumindo que 35% desse fluxo se concentre nas sextas-feiras e nos sábados, sendo 70% dele com permanência no local entre 19h e 22h, conclui-se que o fator de ocupação pode chegar a ser (0,35 x 0,70 x 5) pessoas/m<sup>2</sup>, ou seja, 1.22 pessoas/m<sup>2</sup>.

Ainda que meramente indicativo, o fator de ocupação de 1,20 pessoas/m<sup>2</sup> será usado neste trabalho para estimativa do tempo de escape. Acredita-se ser ingênuo adotar valores do fator de ocupação em centros comerciais brasileiros menores que os adotados no Reino Unido, considerando as características do espaço urbano nos dois países (por exemplo, quanto à segurança pública, diversidade de opções para lazer, poder aquisitivo da população) e as características culturais da população. Adotar-se-á também o valor sugerido pela norma inglesa acima referida.

Tabela 20 – Fatores de ocupação dados pelas normas inglesa e espanhola

Tipo de ocupação	Fator de ocupação (pessoas/m <sup>2</sup> )	
	FS-BR	NBE
Área de espectadores de pé (estádios de futebol, praças e locais públicos).	3,0	4,0
Bares, danceterias, clubes, salas para concertos.	2,0	1,0
Restaurantes, salas de espera.	1,0	0,6
Galerias de arte.	0,2	0,5
Escritórios com mais de 60 m <sup>2</sup> , fábricas.	0,2	0,5
Outros escritórios, cozinhas, lavanderias.	0,14	0,5
Estacionamentos.	2 pessoas/vaga	-
Centros comerciais.	0,5	0,3

#### 4.2.2 Características dos ocupantes e tempo de pré-movimento

A mobilidade dos ocupantes e a sua organização rumo à saída de emergência têm grande influência sobre o tempo necessário para o escape. Quanto à mobilidade, a população de usuários de uma edificação necessita ser caracterizada tendo em consideração a sua condição predominante. Os fatores seguintes devem ser também considerados:

- a) o número e a localização das pessoas que eventualmente se desloquem com velocidade substancialmente menor que a média da população de usuários;
- b) a eventual necessidade de procedimentos especializados de evacuação como em hospitais e presídios.

Em trabalho recente sobre as condições de escape em quatro grandes centros comerciais na Inglaterra, SHIELDS e BOYCE (2000) caracterizaram os usuários quanto ao sexo, à idade, à frequência de uso do estabelecimento e quanto a estarem sempre acompanhados ou não.

Segundo o documento BSI DD240 (1999), o tempo de pré-movimento, conforme o tipo de ocupação, é dado na Tabela 21 para as situações em que apenas o alarme soa e quando entra em operação um sistema de orientação de evacuação (sistema de som interno com auto-falantes) e quando esse sistema não existe.

Novamente, estimar tempos de pré-movimentos para centros comerciais no Brasil é bastante difícil por absoluta falta de dados. SHIELDS e BOYCE (2000) encontraram tempos de pré-movimento médios máximos de vários centros comerciais da ordem de 40s, variando entre 1s e 100s por indivíduo. Observam esses autores que o sistema de orientação do escape com voz leva a tempos de pré-movimento da ordem de 2s nessas edificações no Reino Unido.

Nesse trabalho, emprega-se o tempo de pré-movimento dado na Tabela 21 para centros comerciais na situação em que soa o alarme de incêndio, considerando que os demais sistemas de orientação de escape não são comuns no Brasil, ou seja,  $\Delta t_{pre}=300s$ .

Tabela 21 – Valores do tempo de pré-movimento

Ocupação	Tempo de pré-movimento $\Delta t_{pre}$ (s)		
	Ruído do alarme	Evacuação não orientada	Evacuação orientada
Hospitais	480	300	180
Residencial	360	240	120
Hotéis	300	240	120
Locais de assembléias	300	180	120
Estádio	300	180	120
Centros Comerciais	300	180	120
Lojas	300	180	120
Estações de metrô	240	180	60
Escritórios	240	180	60

FONTE: BSI DD240 (1999).

#### 4.2.3 Características do movimento

Segundo o documento BSI DD240 (1999), quando as pessoas se movimentam através de um corredor ou escada produzem uma camada limite efetiva de espaço livre de paredes, corrimãos e outros obstáculos. A largura da camada limite deve ser subtraída da largura livre para dar a largura efetiva,  $W_e$ . Os valores da camada limite efetiva são dados na Tabela 22. Deve-se notar que em um corredor, por exemplo, 0,20 m deve ser diminuído da largura livre, dando um total de 0,40 m a ser subtraído.

Tabela 22 – Larguras de camada limite

Elemento da rota de escape	Camada limite (m)
Escadas, parede ou lado do degrau	0,15
Guarda-corpos, corrimãos *	0,09
Assentos de teatros, arquibancadas de estádios	0,00
Corredor, paredes de rampas	0,20
Obstáculos	0,10
Amplios saguões, travessias	0,46
Porta, arcos	0,15

FONTE: BSI DD240 (1999).

\* Onde existe corrimãos, este valor deve ser usado somente se eles estão a mais que 0,6 m da parede.

Ainda segundo o documento BSI DD240 (1999), a largura livre deve ser tomada como:

- a) em corredores: de parede a parede;
- b) em escadas: a largura do degrau;
- c) nos vãos das portas: a largura livre da abertura quando a porta está completamente aberta;
- d) em corredores de cinemas e teatros: a largura mínima entre os assentos em qualquer dos dois lados;
- e) entre as fileiras de assentos em uma arquibancada: a largura mínima entre a assento de uma e o encosto da outra (quando ocupadas).

A distância de deslocamento é a distância atual a ser percorrida ao longo do pavimento ou ao longo das escadas de qualquer ponto a qualquer outro mais próximo da saída. Onde o layout das divisões, não for conhecido, a distância direta deve ser acrescida de 50% para propostas preliminares de projeto de cálculo.

A velocidade de deslocamento para adultos capacitados em áreas niveladas ou em rampas, onde a densidade populacional é menor ou igual a 0,54 pessoas por metro quadrado, pode ser tomada como 1,2 m/s. Onde a densidade populacional excede 3,8 pessoas por metro quadrado, andar será extremamente difícil e o movimento pode cessar efetivamente. Entre estes limites, se aplica a seguinte equação:

$$S_t = 1,4 (1 - 0,266 D_{pop}) \quad (2.a)$$

onde  $S_t$  é a velocidade de deslocamento (em m/s);  $D_{pop}$  é a densidade populacional no piso nivelado (em pessoas/m<sup>2</sup>).

No caso de escadas, a velocidade máxima de deslocamento dependerá da densidade populacional e da taxa da largura do piso do degrau para alcançar altura. A equação seguinte pode ser usada:

$$S_t = k (1 - 0,266 D_{esc}) \quad (2.b)$$

onde  $S_t$  é a velocidade de deslocamento (em m/s);  $k$  é uma constante dada na Tabela 23;  $D_{esc}$  é a densidade populacional nos degraus (em pessoas/m<sup>2</sup>) (a área do degrau é a profundidade do piso x largura efetiva). O valor máximo de  $S_t$  não deve exceder os valores dados na Tabela 23.

Tabela 23 – Velocidade de deslocamento em escadas

Espelho (m)	Piso (m)	Constante ( $k$ )	Velocidade máxima $S_t$ (m/s)	Fluxo específico máximo $F_s$ (pessoas/sm)
0,20	0,25	1,00	0,85	0,95
0,18	0,25	1,10	0,95	1,00
0,17	0,30	1,15	1,00	1,10
0,17	0,33	1,25	1,05	1,15

FONTE: BSI DD240 (1999).

O fluxo específico é a taxa de fluxo de pessoas evacuando passado um ponto na rota de escape por unidade de tempo da largura efetiva, e é dado por:

$$F_s = S_t D_{pop} \quad (3)$$

onde  $F_s$  é o fluxo específico (em pessoas/sm).

O fluxo calculado é a taxa total do fluxo de evacuação de pessoas passado um ponto na rota e é dado por:

$$F_c = F_s W_e \quad (4)$$

onde  $F_c$  é o fluxo calculado (em pessoas/s);  $W_e$  é a largura efetiva (em m).

Para deslocamentos horizontais, em rampas ou através de portas, o valor máximo de  $F_s$  deve ser tomado como 1,3. Para deslocamentos em escadas, os valores da Tabela 23 devem ser usados.

Onde as pessoas se movimentem vagarosamente, deve-se assumir que sua velocidade máxima seja a metade do valor máximo para pessoas capacitadas, isto é, 0,6

m/s. O tempo de escape para um grupo de pessoas que passa na rota é o período de passagem,  $\Delta t_p$ , dado por:

$$\Delta t_p = P / F_c \quad (5)$$

onde  $\Delta t_p$  é o período de passagem (em s);  $P$  é o número de pessoas.

O tempo do fluxo,  $\Delta t_{flux}$ , é o tempo necessário, uma vez começado o movimento, para que todas as pessoas passem através de uma saída para um lugar de segurança. Se  $\Delta t_p$  é o período de passagem, o tempo do fluxo é dado por:

$$\Delta t_{flux} = \Delta t_e = \Delta t_{min} + \Delta t_p \quad (6)$$

onde  $\Delta t_{flux}$  é o tempo do fluxo (em s);  $\Delta t_{min}$  é o tempo levado pela primeira pessoa se deslocar para a saída (em s).

### 4.3 TEMPO DISPONÍVEL PARA O ESCAPE SEGURO

O tempo disponível para o escape seguro depende fundamentalmente da geração de fumaça pelo incêndio e da eventual existência de um sistema de controle. Para garantir que o sistema de controle seja adequado, alguns cálculos são necessários para avaliar as propriedades da fumaça que pode ser gerada em locais variados da edificação. Dadas algumas opções de um projeto arquitetônico específico e do projeto preliminar de segurança contra incêndio correspondente, a preocupação principal é avaliar a quantidade de ar externo que se mistura aos produtos da combustão que da fonte de ignição. Isto porque são grandes os volumes de ar externo que dominam a massa, volume total e a temperatura da fumaça e suas concentrações de gás tóxico. Deve ser levado em conta o local de concentração de fumaça, a sua massa, o seu volume e a sua temperatura. Isto pode ser alcançado por meio de equações fornecidas em normas ou, alternativamente, pelo emprego de ferramentas de simulação em computador. O ponto de partida será incêndio de projeto. O tipo de incêndio é fornecido por uma análise preliminar incluindo suas características mais importantes (calor, fumaça e taxas de liberação).

Um modelo transiente de incêndio deve fornecer a quantidade de calor liberada em função do tempo de maneira realística, permitindo que a elevação do risco aos ocupantes, propriedades e bombeiros seja calculada à medida em que o tempo passa. Tais cálculos do tempo da evolução do perigo são, normalmente, comparados com os valores separados do tempo necessário para um escape seguro dos ocupantes e para a iniciação do combate.

Um modelo alternativo de um incêndio constante leva a um sistema de controle da fumaça que satisfaça indefinidamente a todos os incêndios possíveis de ocorrer no local, permitindo aos ocupantes um tempo indefinido para o escape, não exigindo que o tempo de evacuação dos ocupantes seja calculado.

A provável influência do vento deve ser considerada, desde que a pressão do mesmo possa ter impacto sobre os parâmetros de controle da fumaça. Deve-se ter cuidado também com os movimentos internos do ar: particularmente, este fenômeno pode ter um impacto significativo na detecção do incêndio desde o seu início. O efeito chaminé em edifícios altos e a possibilidade da inversão da temperatura entre o piso e o teto também devem ser considerados.

Nem todo calor gerado pelo fogo é carregado pela chama. Uma fração substancial, geralmente 20-40%, é perdida pela transferência do calor radiante das chamas para paredes e teto. Ou seja, sendo  $Q_p$  a razão do calor liberado pelo incêndio carregada pelas chamas, tem-se:

$$Q_p = \chi Q \quad (7)$$

onde  $\chi$  pode variar de 0,40 a 0,90 dependendo do combustível; e  $Q$  é a taxa total de liberação do calor do incêndio.

Algumas relações para o cálculo da massa de fumaça gerada pelos incêndios são publicadas na literatura técnica. Elas são baseadas no volume de ar externo que se admite misturar com as chamas, avaliado tanto por meio de modelos teóricos quanto por meio de experimentações.



Em uma dada altura acima da fonte em ignição, o volume de ar misturado às chamas depende da razão de liberação de calor do incêndio; para chamas de pequena altura, esse volume depende também da geometria da fonte (BS 7974, 2002).

Os produtos em combustão estão a temperaturas elevadas e são, portanto, convectivos: eles se elevam sobre a fonte de calor misturando-se com o ar do ambiente. Em consequência, eles se diluem, baixam sua temperatura e perdem velocidade, mas aumentam muito de volume ampliando o risco sobre os ocupantes da edificação. Na fase de início de ignição, a geometria do ambiente e suas aberturas têm pouca influência sobre a movimentação da fumaça. À medida em que o incêndio se desenvolve, portas, janelas e a proximidade de paredes têm influência sobre o volume de ar misturado aos gases quentes e sobre a razão de liberação de calor.

Para incêndios afastados de paredes, as chamas podem ser consideradas não perturbadas e axissimétricas sendo a sua altura média dada por (COX e CHITTY, 1980),

$$z_{fl} = 3.3Q^{*2/5} D_s \quad (8)$$

ou, de modo mais simples,

$$z_{fl} = 0,2Q^{*2/5} \quad (9)$$

onde

$$Q^* = \frac{Q}{\rho_0 T_0 C_p g^{1/2} D_s^{5/2}} = \frac{Q}{1110 D_s^{5/2}} \quad (10)$$

sendo  $D_s$  a dimensão linear da fonte.  $Q^*$  descreve a contribuição relativa dos componentes linear ascendente e rotacional da massa de gás na fonte. Para incêndios em que a componente ascendente predomina,  $Q^*$  varia entre 0 e 2.

Em uma região mais afastada da fonte ( $z \geq 5D_s$ ), o fluxo de massa de fumaça é avaliado pela expressão, (ZUKOSKI *et al.*, 1980),

$$m_{fumaça} = 0,071Q_p^{1/3}(z - z_0)^{5/3} \quad (11)$$

onde

$$z_0 = -1,02D_s + 1,38Q_p^{2/5}D_s \quad (12)$$

A distribuição espacial das temperaturas médias em gases quentes acima dos objetos em combustão pode ser obtida da massa de fumaça a conservação de energia calorífica. Isto é,

$$\Delta\theta = \frac{Q_p}{m_{fumaça} C_p} \quad (13)$$

onde  $C_p$  é o calor específico do ar a pressão constante. Em ambientes de grandes dimensões em planta, onde a perda de calor é significativa, a equação (13) pode ser conservadora. Analogamente, o volume de fumaça se calcula pela expressão:

$$V_f = m_{fumaça} \frac{\theta}{\rho_0 \theta_0} \quad (14)$$

onde  $\rho_0$  é a densidade do ar ambiente e  $\theta_0$  é a sua temperatura.

A reduzida visibilidade através da fumaça é uma das primeiras perturbações do incêndio. Dentro de um volume  $V_f$  de fumaça, a densidade ótica da fumaça por unidade de comprimento da trajetória de escape é:

$$D = \frac{D_m f_b}{V_{fumaça}} \quad (15)$$

onde  $f_b$  é a massa de combustível consumida e  $D_m$  é a densidade ótica de fumaça do combustível em massa.  $f_b$  é dada por:

$$f_b = \frac{Q}{H_c} \quad (16)$$

onde  $H_c$  é o poder calorífico.

A visibilidade através da fumaça pode ser dada por (TEWARSON, 1995):

$$S = \frac{1}{D} \quad (17)$$

sendo  $S$  dependente da existência de iluminação; quando a sinalização é iluminada “por trás”,  $S$  é multiplicado por 2,5.

O tempo disponível para o escape pode ser avaliado, no nível preliminar, na ausência de modelos mais sofisticados, pela formulação anteriormente desenvolvida e pelos critérios de sustentabilidade da vida a serem estabelecidos em regulamentos específicos. Segundo o documento BSI DD240 (1999), alguns critérios que consideram aplicáveis a centros comerciais são:

- a) visibilidade mínima de 10m;
- b) exposição máxima a radiação de 2,5 kW/m<sup>2</sup>;
- c) temperatura máxima a 1,70m do piso igual a 120°C.

A formulação e os critérios apresentados são utilizados para avaliar as condições de segurança das edificações de centros comerciais no Capítulo 6.

## CAPÍTULO 5

---

# SEGURANÇA CONTRA INCÊNDIO DE CENTROS COMERCIAIS BRASILEIROS: LEVANTAMENTO DA SITUAÇÃO QUANTO À REAÇÃO AO FOGO DOS MATERIAIS

### 5.1 INTRODUÇÃO

A maioria dos centros comerciais antigos foi projetada com apenas um pavimento de lojas e com os espaços de circulação abertos. Entretanto, com poucas exceções, a tendência atual é de *shoppings* de vários andares, com diversos tamanhos. Antes, os centros comerciais eram planejados em linhas axiais, enquanto que hoje são comuns modelos mais complexos de circulação. Grandes espaços abertos e pontos marcantes, como átrios, são comuns. Equipamentos para facilitar a circulação, tais como elevadores e escadas rolantes, são enfatizados em todos os projetos. Fontes de água também são usadas para atrair o interesse do público.

O centro comercial moderno oferece um conjunto específico de problemas quanto à segurança contra incêndio. Algumas necessidades particularmente importantes nos centros comerciais podem introduzir problemas adicionais de projeto, como acessos para bombeiros, funcionários e estacionamentos. É também necessário garantir que a interface entre o centro comercial e a redondeza seja satisfatória.

Um centro comercial é caracterizado por circulações comuns de pedestres que garantem o acesso dos mesmos a cada loja. Onde estas áreas são descobertas, os problemas de segurança contra incêndio não são tão graves como nos centros comerciais fechados. Um complexo comercial fechado visa promover uma atmosfera que seja confortável e atrativa aos usuários, independente das condições climáticas. Numa rua convencional de comércio, as pessoas que escapam de um incêndio de uma loja são consideradas seguras, uma vez que deixam a loja e se movem para o ar livre. No entanto, ao se cobrir estas rotas de pedestres, uma diferente condição de segurança

contra incêndio se estabelece. Neste caso, as pessoas que saem de dentro da área afetada pelo fogo permanecem sujeitas aos efeitos dos incêndios.

A motivação para um escape efetivo é importante. Observações realizadas em incêndios com vítimas fatais sugerem que, em grandes espaços fechados, um grupo de pessoas tem dificuldade de reconhecer de imediato a ameaça do fogo, qualquer que seja o local afetado da edificação. As pessoas são incapazes de estimar o quão rápido o fogo se alastra, fazendo com que o tempo de escape fique menor. Durante um incêndio, a incerteza da situação de risco em sua primeira etapa é, normalmente, responsável por uma séria demora no aviso de alerta ao público, para que ele comece a evacuar e alcançar a segurança.

O problema de segurança contra incêndio no átrio é comum nos centros comerciais fechados. É difícil garantir que o fogo de um pavimento inferior não prejudique a segurança das pessoas que estão num pavimento superior, e por isso alguma forma de controle da fumaça é necessária. A grandeza do risco depende de uma série de fatores que podem influenciar o projeto, como o grau de separação, a altura e o tamanho do átrio e o tipo de atividade que nele é predominante.

Quando os centros comerciais são maiores, as decisões sobre como planejar as áreas de serviço se tornam mais críticas. Seja qual for o planejamento feito para estas áreas, é essencial garantir uma separação rigorosa das áreas de pedestres e veículos.

A importância da relação do estacionamento com a área de compras é enorme, uma vez que as pessoas que chegam ao centro comercial de carro, tendem a escapar para o estacionamento a fim de resgatarem seus veículos. O projeto que induz um contra-fluxo entre as pessoas que deixam o complexo pelas rotas normais de escape e as que procuram sair pelo estacionamento deve ser evitado. É importante perceber que os usuários tendem a entrar na edificação por um sistema de circulação e, em um incêndio ou outra emergência, tendem a sair pela mesma rota.

Similarmente, os locais de saídas do estacionamento e os pontos de acesso dos veículos do corpo de bombeiros ao centro comercial devem ser considerados. Dependendo do tamanho do estabelecimento, alguns acessos para o corpo de bombeiros serão necessários e as saídas do estacionamento não devem causar impedimentos.

No evento de um incêndio, a rota preferencial de escape acaba sendo pelas circulações principais, e as várias características da segurança contra incêndio fazem

com que o interior do centro comercial seja considerado como uma rota de escape. Apesar disso, um segundo meio de escape é necessário em cada loja, exceto em unidades muito pequenas. Em uma rua comum de comércio, certamente seriam aceitáveis lojas com apenas uma saída, mas quando lojas deste mesmo tamanho se localizam num centro comercial coberto, uma segunda saída na parte dos fundos é necessária, para quando a localização desfavorável do fogo puder afetar o escape das pessoas pela circulação principal. Os corredores de serviço seriam convenientes para serem usados como uma segunda rota, passando pelos fundos das lojas.

Os gases quentes da fumaça podem ser confinados e extraídos da unidade de origem do incêndio. Isto pode ser difícil de se conseguir, particularmente onde existem pequenas lojas, e cada uma precisaria ter um sistema individual de controle da fumaça. O conceito, então, recai em impedir que a fumaça se espalhe. Pode-se criar reservatórios de fumaça, dos quais ela é extraída por meios naturais ou forçados. Isto faz com que a fumaça fique acima das cabeças das pessoas que estão escapando. Elas passam por baixo da camada de fumaça com um razoável nível de segurança.

Seja qual for o método adotado de controle da fumaça, uma característica essencial no projeto de um centro comercial que afeta diretamente o projeto individual das lojas é a necessidade de impedir o desenvolvimento do incêndio. Assim, um sistema de proteção por *sprinkler* é fundamental em qualquer centro comercial. O sistema de *sprinkler* precisa cobrir não só as áreas de lojas, mas também as partes de estoque e serviço, para evitar o desenvolvimento do fogo nestas áreas, o que afetaria as circulações.

A quantidade de *sprinklers* irá depender da carga de incêndio contida na edificação. Isto significa que os materiais utilizados na construção do edifício não devem contribuir para o desenvolvimento do incêndio. Isto não quer dizer que todos os materiais devem ser completamente incombustíveis, e, sim, limitar a quantidade destes materiais como revestimento/acabamento nas lojas e nas circulações.

Embora uma grande parte dos centros comerciais forme um único compartimento, um grau de separação dos ambientes é, ainda assim, necessário para restringir o desenvolvimento do incêndio, por exemplo, promovendo uma separação entre uma loja e outra. Algumas lojas necessitariam de que os pisos fossem feitos resistentes ao fogo. Isto seria apropriado principalmente em lojas de grande área de

piso, em particular, nas que possuem mais de um pavimento. Sem esta separação, o fogo de um pavimento poderá afetar imediatamente o outro pavimento e, em consequência, afetar toda a edificação.

O centro comercial deve ser projetado de tal forma que seus usuários sejam capazes de sair da área incendiada sem nenhuma ajuda externa. Desta forma, as distâncias a serem percorridas devem ser as menores possíveis, ao invés de se tomarem as máximas distâncias recomendadas.

## **5.2 CENTROS COMERCIAIS NO BRASIL**

### **5.2.1 Caracterização do uso**

Os centros comerciais são cada vez mais uma preferência da população devido ao aumento da criminalidade e à deterioração do espaço público. Estes estabelecimentos normalmente oferecem um ambiente agradável, boa localização, comércio variado, serviços (como cinemas, bancos, etc.), estacionamento e, o mais importante, a sensação de segurança.

De acordo com uma pesquisa realizada pela ABRASCE (Associação Brasileira de *Shopping Centers*), “o conjunto dos *shopping centers* brasileiros apresenta um nível de qualidade que se equipara ao dos países desenvolvidos e o Brasil é o décimo país do mundo em quantidade de shoppings construídos. Desde a inauguração da primeira unidade, em 1966, o setor brasileiro de *shopping centers* apresenta um notável crescimento: o número de unidades tem dobrado a cada cinco anos.”

As Tabelas 24 a 27 apresentam dados fornecidos pela ABRASCE sobre a indústria de centros comerciais no Brasil.

Tabela 24 – Dados globais da indústria

<b>Grandes itens</b>	<b>Total da indústria de shoppings no Brasil</b>
Número de shoppings	240
- Operação	219
- Construção	21
Área bruta locável (m <sup>2</sup> )	5.441.901
Áreas dos terrenos (m <sup>2</sup> )	13.816.046
Área construída (m <sup>2</sup> )	12.611.021
Vagas para carros	385.000
Lojas satélite	35.866
Lojas âncora	679
Cinemas	943
Empregos (mil pessoas/mês)	419.000
Faturamento (R\$ Bi) em 2000	23,0
Percentual de vendas em relação ao varejo nacional (excluído setor automotivo)	15%

FONTE: ABRASCE.

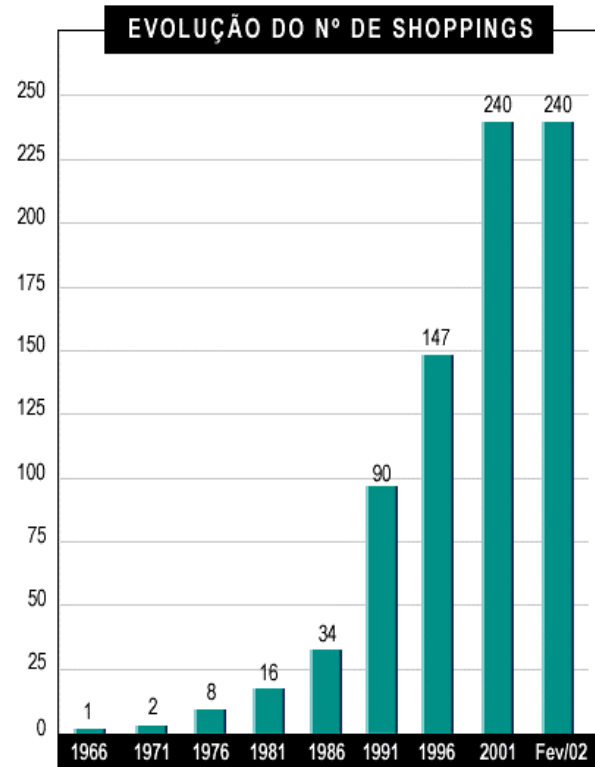
Tabela 25 – Participação de cada região no total da indústria de shoppings

<b>Regiões</b>	<b>Nº de shoppings</b>	<b>ABL (m<sup>2</sup>)</b>	<b>Nº de lojas</b>	<b>Nº de empregos</b>
Norte	3	86.563	459	6.658
Nordeste	30	659.146	4.858	50.704
Centro-oeste	19	420.742	2.929	32.365
Sudeste	150	3.623.971	23.910	278.767
Sul	38	651.479	4.389	50.506
<b>Total</b>	240	5.441.901	36.545	419.000

FONTE: ABRASCE.

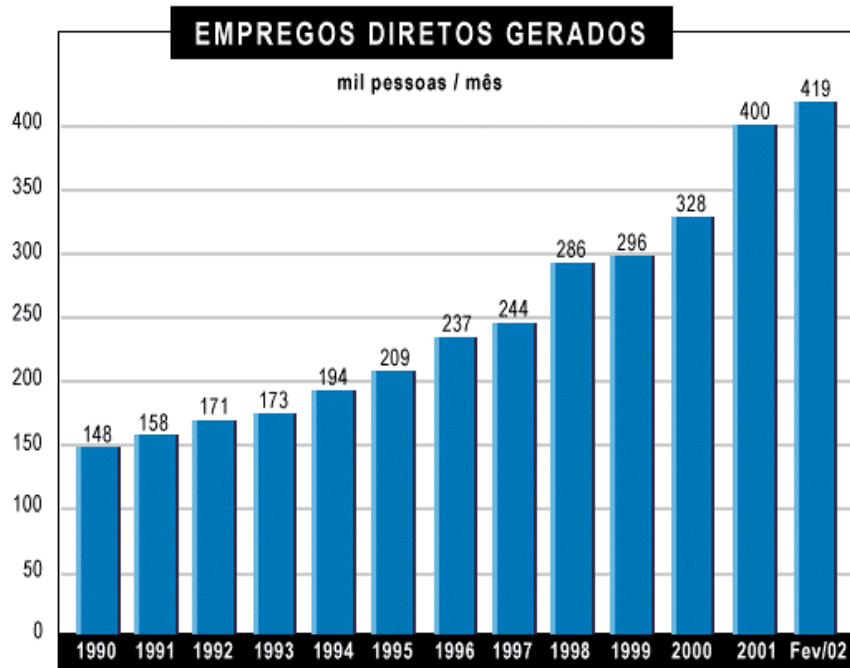


Tabela 26 – Evolução do número de shoppings



FONTE: ABRASCE.

Tabela 27 – Empregos diretos gerados



FONTE: ABRASCE.

## 5.2.2 Caracterização da edificação

Os centros comerciais apresentam uma tipologia padrão conforme ilustram as Figuras 10, de (a) a (h). Essa classificação tem por base a disposição relativa das lojas âncoras, que sabidamente são o foco do interesse dos frequentadores dessas edificações. As principais correntes de fluxo de pessoas se estabelecem entre os estacionamentos e as lojas âncoras.

Após uma análise da tipologia das edificações brasileiras de centros comerciais, pode-se propor que seja feita uma avaliação do risco global de incêndio, considerando os seguintes aspectos:

- a) altura máxima em andares: definida como o máximo número de andares, entre os observados nas fachadas da edificação, acima do nível de descarga da mesma. Relaciona-se diretamente à dificuldade de evacuação;
- b) área máxima de piso de compartimento: definida como a área compreendida pelo perímetro interno das paredes externas, excluídas as áreas de escadas enclausuradas. Relaciona-se ao número de ocupantes e à distância de percurso, que está relacionado ao risco de danos à vida;
- c) volume máximo de compartimento: definido como o volume compreendido pela superfície interna de paredes, pisos e tetos, excluídos aqueles de escadas enclausuradas. Relaciona-se à dificuldade de combate e controle da propagação com riscos diretos para a vida e o patrimônio.

Desta maneira, estes três parâmetros são aqueles que, em uma edificação de centro comercial, correspondem às maiores parcelas de risco de danos à vida.

Com relação às fachadas, a tendência é a sua exploração como meio de atração dos clientes. Assim, busca-se transmitir ao usuário a sensação de bem-estar, que está associada à atividade de consumo. Entretanto, a arquitetura expressa nas fachadas necessita considerar a segurança global da edificação. Os elementos utilizados nas fachadas não devem dificultar ou impedir o acesso de bombeiros nas situações de combate. Por isso, o emprego de materiais combustíveis nas fachadas muito próximas de outras edificações ou de outras partes do mesmo edifício pode facilitar a propagação do incêndio.

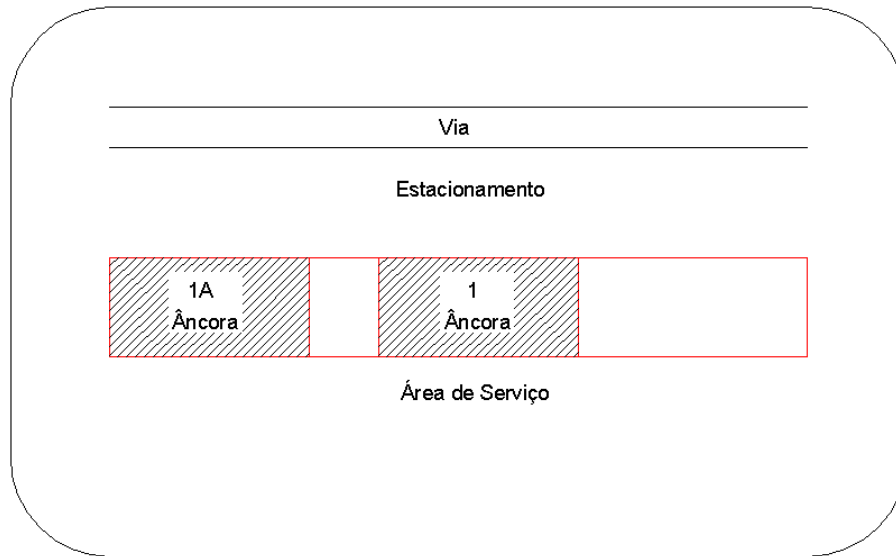


Figura 10(a) - Faixa  
 FONTE: ALVES (2001).

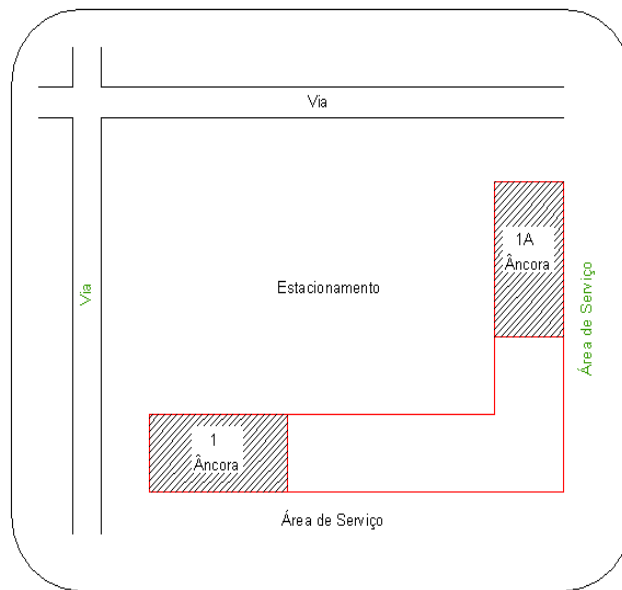


Figura 10(b) – “L”  
 FONTE: ALVES (2001).

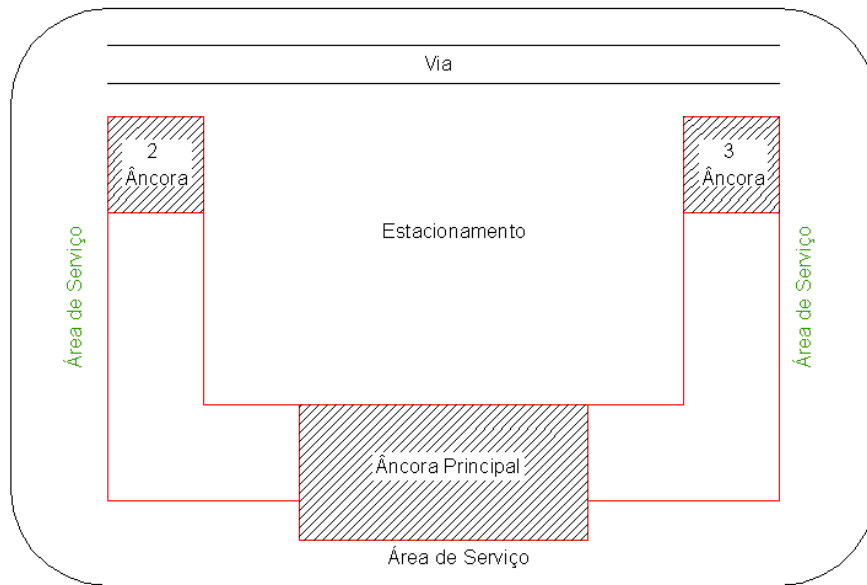


Figura 10(c) – “U”  
 FONTE: ALVES (2001).

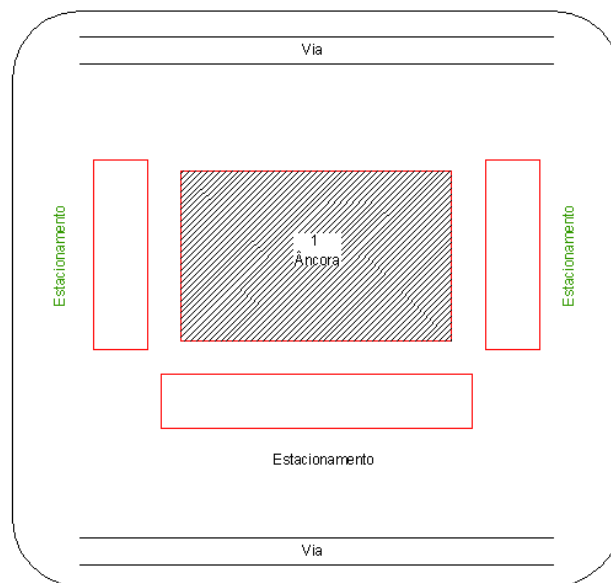


Figura 10(d) - Conjunto  
 FONTE: ALVES (2001).

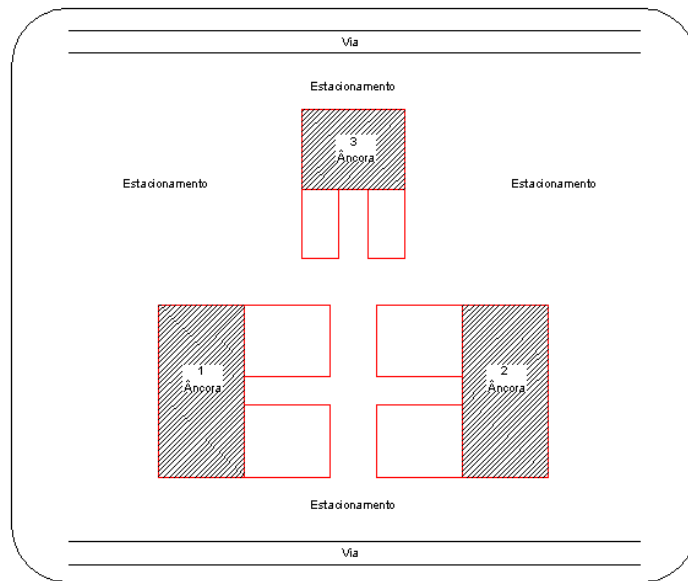


Figura 10(e) – “T”  
 FONTE: ALVES (2001).

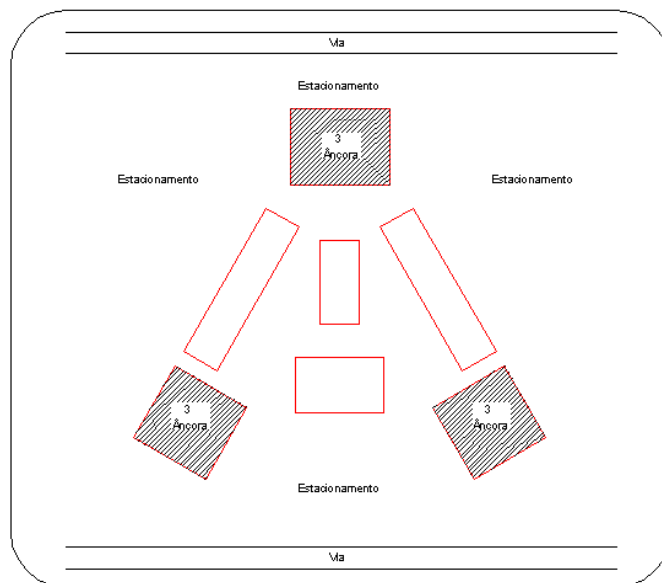


Figura 10(f) – Triângulo  
 FONTE: ALVES (2001).

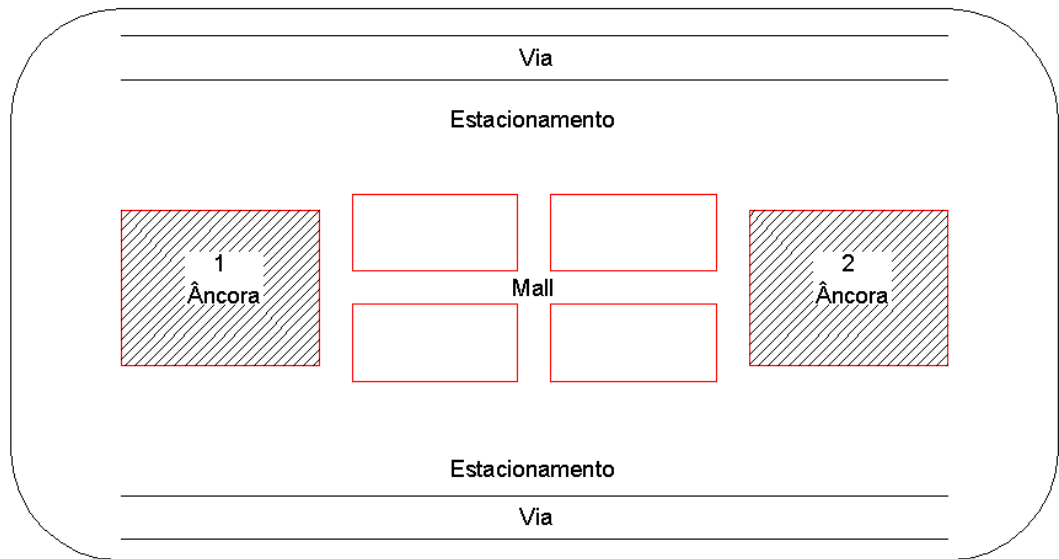


Figura 10(g) – Conjunto Balança  
 FONTE: ALVES (2001).

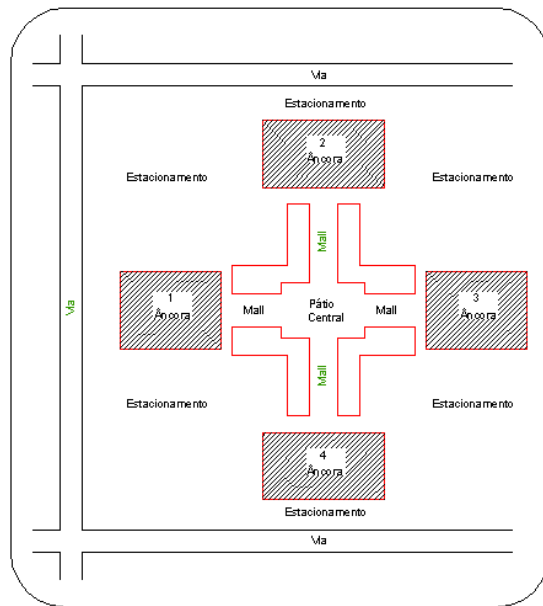


Figura 10(h) – Duplo Conjunto Balança  
 FONTE: ALVES (2001).

### 5.2.3 Riscos de incêndio

Os centros comerciais estão se multiplicando e crescendo a cada ano, de acordo com os dados apresentados no item 5.2.1. Devem ser redobradas as atenções por parte de seus administradores e órgãos públicos quanto à segurança contra risco de incêndio.

Alguns fatores evidenciam esta necessidade:

- a) o grande fluxo de pessoas: atualmente, estes estabelecimentos adquiriram uma dimensão especial, sendo muitas vezes um local de diversão para as famílias. Deste modo, o fluxo de usuários dos centros comerciais é normalmente grande, chegando a ser especialmente elevado em vésperas de datas comemorativas. A sensação de segurança oferecida atrai todas as faixas etárias de usuários, principalmente jovens adolescentes e pré-adolescentes. Estas pessoas, particularmente, não estão preparadas para agir em situações de emergência;
- b) variedade de materiais de acabamento/revestimento: outra grande preocupação é com relação ao emprego dos materiais de acabamento/revestimento nos centros comerciais. Esta preocupação toma proporções maiores quando, em seu interior, estão localizados cinemas e teatros. O emprego incorreto de certos materiais pode fazer com que o evento de um incêndio tome proporções indesejadas, devido, principalmente, à propagação das chamas e fumaça, com a liberação de gases tóxicos;
- c) a arquitetura: os centros comerciais são ambientes complexos, devido à divisão de espaço e à programação visual. A divisão do espaço é uma resposta que a arquitetura dá à necessidade de atender ao interesse dos comerciantes. Em geral, observam-se dois aspectos: a criação de angulosidades e a criação de diferenças de níveis. Esses recursos se combinam com a finalidade de criar caminhos de passagem forçada dos usuários para expô-los à propaganda visual. Quase sempre estas passagens forçadas não são favoráveis a uma saída de emergência, caso ocorra uma necessidade imprevisível. A programação visual também, muitas vezes prejudica uma necessidade de evacuação, pois dificulta ou confunde as pessoas a perceberem a sinalização de emergência. Isto se faz para se

individualizar as lojas umas em relação às outras e para fazer a comunicação própria da atividade comercial;

- d) o modelo arquitetônico: geralmente uma edificação fechada com interligações em seu interior e áreas abertas ligando os pavimentos.

Estatísticas realizadas pelo Corpo de Bombeiros Militar do Estado do Rio de Janeiro mostram que os problemas de eletricidade respondem por quase 60% das causas de incêndios ocorridos em centros comerciais cariocas, a maioria nas lojas e praça de alimentação. Os motivos são variados, como instalações mal executadas que provocam curto-circuito, uso de produtos fora das especificações ou sobrecarga no sistema elétrico. As ocorrências mais significativas, no entanto, são nos dutos de gordura das cozinhas que precisam de constante manutenção e monitoramento. O problema também está nos forros altamente combustíveis das lojas, com madeirinhas entrelaçadas escondendo uma parafernália de fios. Cuidados especiais devem ser tomados com relação às lixeiras, que são responsáveis por 20% dos incêndios, que geralmente começam com uma ponta de cigarro jogada em lixeira que contém papel.

Seguem-se ainda nesta lista dos causadores de incêndio os veículos, as frituras, as lâmpadas e os depósitos. O uso de *spots* em decoração também é fator de risco, pois as lâmpadas esquentam muito e podem provocar combustão de produtos próximos, principalmente se forem altamente inflamáveis como plásticos.

Como foi ressaltado por ALVES (2001), a velocidade de propagação de um incêndio, em geral, é grande, bastando alguns minutos para atingir elevadas temperaturas. Contribuem para esta velocidade a quantidade de produtos sintéticos usados cada vez mais em nosso dia-a-dia, como náilon, viscose e espumas, entre outros. Tais materiais geram fumaças altamente tóxicas e letais com a liberação de monóxido de carbono e gás cianídrico. Geralmente as pessoas se preocupam muito mais com o fogo do que com a fumaça, a principal causa das mortes em incêndios, sendo primordial a preocupação, durante o projeto dos centros comerciais, com a instalação de dispositivos de extração automática de fumaça.

Outro fator a ser levado em conta durante o projeto é com relação às cortinas contra fumaça, que permitem a compartimentação da fumaça. Deve-se enfatizar, ainda, o cuidado a ser tomado com o vazamento de gás combustível, o uso de botijões ou cilindros deve ser reduzido ao mínimo, principalmente os de GLP (gás liquefeito de



petróleo), porque dificultam o controle de qualquer emergência do tipo vazamento ou jato de fogo. A canalização de gás combustível deve passar por monitoramento e inspeções periódicas, de forma visual e com o uso de equipamentos de detecção de gases. Além disso, as normas de instalação têm de ser seguidas com rigor.

As Tabelas 28 e 29 apresentam um painel da reação ao fogo dos materiais comumente utilizados do Brasil como revestimentos e, portanto, presentes em centros comerciais. Os materiais apresentados foram ensaiados pelo IPT para determinar a densidade ótica da fumaça e o índice de propagação superficial de chamas.

### **5.3 LEVANTAMENTO DE CAMPO**

A experiência cotidiana mostra que as edificações de centros comerciais no Brasil obedecem a poucos padrões distintos de projeto arquitetônico. Isto obviamente decorre da pequena diversificação dos empreendedores nesse setor da atividade econômica, bem como de uma virtual ausência de regulamentações estaduais específicas. Esta constatação é um desestímulo para o levantamento de campo, uma vez que a grande semelhança das plantas arquitetônicas e, mais ainda, da organização do uso, dos materiais de acabamento interno, dos aparatos de segurança era esperada.

No entanto, um levantamento de campo foi realizado não só com o objetivo de constatar a virtual padronização dessas edificações, mas também para poder determinar o quanto elas no seu conjunto se aproximam das condições regulamentares de segurança.

Em face da sensibilidade que estas instituições apresentam a uma possível propaganda negativa, alguma dificuldade à inspeção local foi oferecida. Em geral, as áreas de circulação de público foram de acesso fácil, mas áreas de depósito, instalações de equipamentos, saídas de emergência de lojas, supermercados e cinemas foram vedadas à visita durante o levantamento.

As entrevistas com administradores foram, em geral, decepcionantes. A indisponibilidade dos projetos foi uma constante; a ausência do responsável pela segurança foi uma regra.

A pesquisa foi realizada em algumas cidades médias (acima de 300.000 habitantes) e grandes (acima de 1.000.000) do Brasil.

Foi elaborada uma planilha para o levantamento de campo, apresentada no Anexo, que contém informações importantes a serem consideradas em projeto para que uma edificação obtenha êxito quanto à segurança contra incêndio e necessárias para o desenvolvimento deste trabalho. São elas:

- 1) Identificação – consta o nome do edifício e o endereço.
- 2) Características do edifício
  - a) Uso: caracterização do tipo de uso (público, privado, misto);
  - b) Número de pavimentos e altura total;
  - c) Área construída: área total da edificação;
  - d) Data da construção;
  - e) Vizinhança: características do edifício em relação à sua vizinhança, como sua localização, se está numa esquina, entre dois edifícios, se ocupa um quarteirão inteiro, etc;
  - f) Altura de sua vizinhança;
  - g) Horário de funcionamento: para estabelecer o período de maior risco;
  - h) Número de ocupantes: para ter a idéia da quantidade de pessoas para uma eventual evacuação;
  - i) Equipamentos de segurança: se existe projeto, proteção passiva, brigadas de incêndio, detectores de fumaça, chuveiros automáticos, rotas de fuga;
  - j) Reservatório de fumaça;
  - k) Periodicidade de treinamento de evacuação em caso de incêndio;
  - l) Plano de emergência para situação de incêndio em cada loja;
  - m) Plano de evacuação orientada.

Tabela 28 – Materiais ensaiados pelo IPT, segundo a densidade ótica da fumaça

Materiais	Índices	
	Sem chama	Com chama
Carpete – tipo 1	667(676)	220(244)
Carpete – tipo 2	675(706)	226(260)
Carpete – tipo 3	699(744)	286(331)
Carpete – tipo 4	434(469)	190(225)
Carpete – tipo 5	662(627)	192(210)
Carpete – tipo 6	225(238)	180(182)
Carpete – tipo 7	394(424)	254(258)
Carpete com forração	716(785)	258(288)
Filme refletivo	1(1)	12(14)
Laminado decorativo – tipo 1	51(56)	89(96)
Laminado decorativo – tipo 2	55(58)	71(78)
Laminado decorativo – tipo 3	117(119)	97(102)
Manta plástica	686(696)	244(263)
Manta vinílica flexível para revestimento de piso – tipo 1	540(590)	579(597)
Manta vinílica flexível para revestimento de piso – tipo 2	494(512)	607(613)
Painel de lã de vidro ensacado com filme plástico	20(21)	13(9)
Piso em manta vinílica – tipo 1	368(388)	239(252)
Piso em manta vinílica – tipo 2	497(506)	137(148)
Piso polimérico – tipo 1	297(314)	362(376)
Piso polimérico – tipo 2	640(700)	332(663)
Piso polimérico – tipo 3	459(473)	483(496)
Piso vinílico – tipo 1	259(262)	188(193)
Piso vinílico – tipo 2	234(233)	250(255)
Placa de gesso acartonado revestida com laminado melamínico	53(55)	73(76)
Placas de madeira compensada – tipo 1	285(287)	207(210)
Placas de madeira compensada – tipo 2	413(414)	133(142)
Placas plásticas	380(381)	29(30)
Placas plásticas reforçadas com fibra de vidro – tipo 1	417(458)	265(305)
Placas plásticas reforçadas com fibra de vidro – tipo 2	321(337)	265(283)
Placas plásticas reforçadas com fibra de vidro – tipo 3	255(260)	191(197)
Placas plásticas reforçadas com fibra de vidro – tipo 4	278(291)	142(154)
Placas poliméricas	768(733)	229(239)
Revestimento de parede	21(22)	12(15)
Revestimento para piso	491(505)	136(144)
Revestimento vinílico para piso	701(716)	815(880)

Tabela 29 – Materiais ensaiados pelo IPT, segundo o índice de propagação superficial de chamas

<b>Materiais</b>	<b>Classe*</b>
Carpete	A, C, D, E
Carpete com forração	D
Carpete de fibras sintéticas	B, C, D
Chapa de madeira compensada com pintura de proteção – tipo 1	A, C
Chapa de madeira compensada sem pintura de proteção – tipo 2	C
Chapas termo-acústicas para cobertura	A
Espuma plástica	E
Espuma plástica acústica	E
Espuma plástica pintada	D
Filme para subcobertura	C, D
Filme refletivo	A
Forro	A, C
Forro plástico	A
Lã de rocha projetada	A
Laminado decorativo	A
Laminado plástico	D, E
Lona plástica	C
Manta plástica	C
Manta sintética impermeabilizante	A
Manta vinílica flexível para revestimento de piso	D
Painel de lã de vidro ensacado com filme plástico	D
Painel em lã de vidro	B, C
Pintura plástica para piso	E
Piso em madeira	B
Piso em manta vinílica	A, C, D
Piso plástico	B
Piso polimérico	B, D
Piso vinílico	A, B, C, D
Placa cimentícia	A
Placa de gesso acartonado revestida com laminado melamínico	A
Placa de resíduos envoltas por filme plástico	D
Placas de fibras minerais	A
Placas de madeira compensada	C
Placas de madeira maciça	B
Placas plásticas reforçadas com fibra de vidro – tipo 1	A, B
Placas plásticas reforçadas com fibra de vidro – tipo 2	B
Placas polímeras	B
Revestimento de parede	A
Revestimento fibrocelulósico projetado	E
Revestimento para piso	C
Revestimento plástico para piso	C, D
Revestimento polimérico para piso	B
Revestimento vinílico para piso	D
Telha plástica	A, B
Telha plástica ondulada	E

\* Classes conforme a NBR 9442/1986.

- 3) Ambiente – aqui se descreve o ambiente que foi analisado especificamente, como as áreas de circulação comuns, lojas, cinemas, praças de alimentação, estacionamento. Em cada um destes ambientes foram analisados os seguintes itens:
- a) Tipo: ocupação do ambiente;
  - b) Posição na planta arquitetônica: para saber o risco que determinado ambiente causa de acordo com sua carga de incêndio;
  - c) Dimensões: comprimento, largura e pé-direito para saber o volume e caracterizar melhor o risco;
  - d) Nível: em que pavimento está localizado aquele ambiente;
  - e) Número de ocupantes;
  - f) Compartimentação: se existe horizontal ou verticalmente;
  - g) Equipamentos de segurança: chuveiros automáticos, detectores de fumaça;
  - h) Materiais de acabamento: que tipo de material empregado no piso, paredes externas, paredes internas e teto, com sua especificação de área, espessura e fixação;
  - i) Disposição das aberturas: tipo de abertura, quantidade, área total e localização no ambiente.

Os dados coletados dos centros comerciais brasileiros variaram bastante em alguns itens, mas ao mesmo tempo tiveram muitas similaridades. Com relação à Parte 2 (Características do edifício) da Planilha de Levantamento de Campo, foram encontrados os resultados gerais mostrados na Tabela 30.

Quanto às características de acabamento/revestimento dos centros comerciais visitados, variaram muito pouco de uns para outros, cabendo relacionar aqui basicamente as similaridades. Assim, na Tabela 31 estão relacionados os resultados considerados padrão dos centros comerciais do País. A descrição dos acabamentos está relacionada com suas características de reação ao fogo como: combustível, incombustível. As Figuras a seguir ilustram alguns dos centros comerciais visitados.



Figura 11 – Área de circulação: centro comercial A



Figura 12 – Área de circulação: centro comercial B



Figura 13 – Área de circulação: centro comercial C



Figura 14 – Cinema A

Tabela 30 – Dados encontrados no item 2 da Planilha de Levantamento de Campo

<b>Características do edifício</b>	
Uso	Público
Número de pavimentos e altura total	De 1 a 9
Área construída	De 20.000 m <sup>2</sup> a 40.000 m <sup>2</sup>
Data da construção	Depois de 1990
Vizinhança	Área edificada
Altura de sua vizinhança	Entre 12 e 20 andares
Horário de funcionamento	Das 10:00 às 22:00 hs
Número de ocupantes	Variável: de 0,3 p/ m <sup>2</sup> a 1,2 p/ m <sup>2</sup>
Equipamentos de segurança	Chuveiros automáticos, alarmes, iluminação, sinalização, detectores de fumaça
Reservatório para fumaça no teto	Nenhum apresentou
Periodicidade de treinamento de evacuação em caso de incêndio	Nunca
Plano de emergência para situação de incêndio em cada loja	Nenhum
Plano de evacuação orientada	Nenhum



Tabela 31 – Relação de materiais de acabamento/revestimento padrão dos centros comerciais

<b>Área de circulação padrão</b>						
<b>Piso</b>	<b>Paredes externas</b>	<b>Paredes internas</b>	<b>Teto</b>	<b>Saída de emergência</b>	<b>Carga de Incêndio</b>	<b>Reservatório de fumaça</b>
Incombustível	-----	Incombustível	Incombustível	Incombustível	Baixa <sup>(1)</sup>	Não
<b>Loja padrão</b>						
<b>Piso</b>	<b>Paredes externas</b>	<b>Paredes internas</b>	<b>Teto</b>	<b>Saída de emergência</b>	<b>Carga de Incêndio</b>	<b>Reservatório de fumaça</b>
Combustível/ Incombustível	Incombustível	Combustível/ Incombustível	Combustível/ Incombustível	Não	Alta <sup>(2)</sup>	Não
<b>Cinema padrão</b>						
<b>Piso</b>	<b>Paredes externas</b>	<b>Paredes internas</b>	<b>Teto</b>	<b>Saída de emergência</b>	<b>Carga de Incêndio</b>	<b>Reservatório de fumaça</b>
Combustível	Combustível	Combustível	Combustível	Combustível/ Incombustível	Alta	Não
<b>Praça de Alimentação padrão</b>						
<b>Piso</b>	<b>Paredes externas</b>	<b>Paredes internas</b>	<b>Teto</b>	<b>Saída de emergência</b>	<b>Carga de Incêndio</b>	<b>Reservatório de fumaça</b>
Incombustível	Incombustível	Incombustível	Combustível/ Incombustível	Incombustível	Média <sup>(3)</sup>	Não
<b>Estacionamento</b>						
<b>Piso</b>	<b>Paredes externas</b>	<b>Paredes internas</b>	<b>Teto</b>	<b>Carga de Incêndio</b>	<b>Reservatório de fumaça</b>	
Incombustível	Incombustível	Incombustível	Incombustível	Baixa	Não	

NOTAS:

<sup>(1)</sup> Até 300 MJ/m<sup>2</sup>;

<sup>(2)</sup> Acima de 1.200 MJ/m<sup>2</sup>;

<sup>(3)</sup> Entre 300 MJ/m<sup>2</sup> e 1.200 MJ/m<sup>2</sup>.

## **CAPÍTULO 6**

---

# **ANÁLISE DO RISCO DE INCÊNDIO EM CENTROS COMERCIAIS**

### **6.1 INTRODUÇÃO**

A complexidade arquitetônica das edificações de centros comerciais e o grande número de usuários são dois fatores que tornam complexa a análise de risco em edificações de centros comerciais. De fato, mesmo os modelos computacionais mais sofisticados admitem como base um volume máximo de compartimentação e uma geometria que tende a formas padronizadas como a cúbica, a cilíndrica e a semi-cilíndrica.

Nesse capítulo, uma análise do risco de incêndio em centros comerciais é feita tendo como base a caracterização da edificação feita no Capítulo 5 e o modelamento do tempo de escape apresentado no Capítulo 4. Serão admitidos como dados básicos: a forma do compartimento, a grandeza e a natureza da carga de incêndio e o número de usuários.

Sem o prejuízo de uma discussão mais ampla sobre o risco de incêndio em centros comerciais, as simulações apresentadas a seguir devem ser tomadas como cenários de incêndios idealizados quanto ao fenômeno em si e quanto ao ambiente em que ocorrem. Entretanto, em que pesem as idealizações feitas, os resultados dessas análises são indicações claras do nível de risco de incêndio nas edificações de centros comerciais.

## 6.2 SIMULAÇÕES

### 6.2.1 Primeira simulação – carga de incêndio da NBR 14432

Seja um compartimento de dimensões em planta 40m x 40m e pé-direito 12m (5120 m<sup>2</sup> de superfície total) ocupado por 800 usuários ( $D_{pop}=0,5$  pessoas/m<sup>2</sup>), Figura 15, todos com boas condições de saúde e capazes de realizar o escape sem ajuda de profissionais bombeiros. Suponha que a densidade de carga de incêndio seja 31,58 kg equivalentes de madeira (aproximadamente 600 MJ/ m<sup>2</sup>, valor dado pela NBR 14432) e que um objeto, de 0,80m x 0,80m x 0,80m situado no centro do compartimento, inicie uma ignição que se desenvolve sem a interferência de chuveiros automáticos ou de qualquer outra ação externa, atingindo uma área de fogo de 10 m<sup>2</sup>.

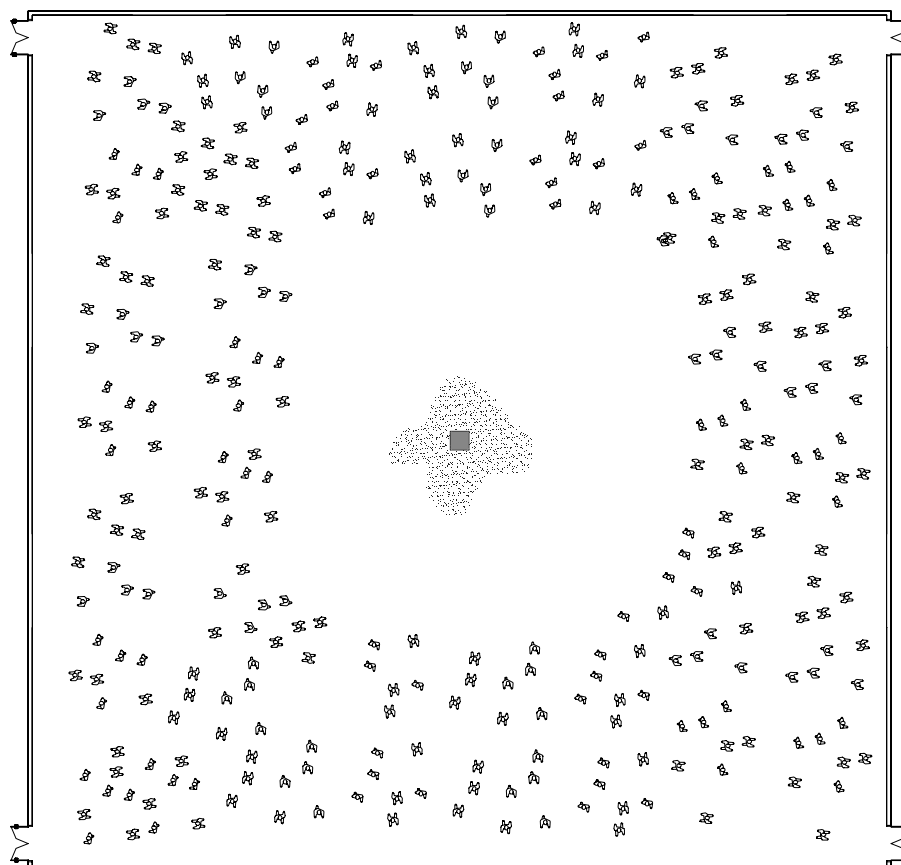


Figura 15 – Compartimento em planta

O tempo de pré-movimento,  $\Delta t_{pre}$ , será admitido igual a 300s de acordo com a Tabela 21, Capítulo 4, correspondente à evacuação iniciada apenas pelo ruído de alarme. A velocidade de deslocamento das pessoas é dada pela equação (2.a) para saída em nível, isto é:

$$S_t = 1,4 (1 - 0,266 \times 0,5) = 1,028 \text{ m/s} \quad (17)$$

Admitindo quatro saídas de emergência com uma largura efetiva  $W_e=1,30\text{m}$ , situadas nos cantos da sala, o fluxo calculado de pessoas passando pela porta é:

$$F_c = F_s W_e \quad (18)$$

onde  $F_s$  é o fluxo específico dado por:

$$F_s = S_t D_{pop} = 1,028 \times 0,5 = 0,514 \text{ pessoas/ms} \quad (19)$$

Logo:

$$F_c = (0,514) (4) (1,30) = 2,672 \text{ pessoas/s} \quad (20)$$

Então, o período de passagem é:

$$\Delta t_p = \frac{800}{2,672} = 299,4 \cong 300s \quad (21)$$

Desprezando-se o tempo que a primeira pessoa gasta para sair, o tempo necessário para a evacuação é:

$$\Delta t_{nec} = 300 + 300 = 600s \quad (22)$$

Observa-se que o tempo necessário para evacuação completa do ambiente, cerca de 10 minutos, é muito elevado diante da expectativa de evolução do incêndio: de 10 a 20 minutos para atingir a fase de inflamação generalizada (CLARET, 2000). Em termos relativos, SHIELDS e BOYCE (2000) apresentam tempos de escape observados em simulações de incêndio em centros comerciais na Inglaterra, em condições próximas da simulada, da ordem de 240s.

Seja uma razão de liberação de calor por área de fogo constante e igual a 0,5 MW/m<sup>2</sup> (BSI DD240, 1999). Admitindo  $\chi = 0,40$ , a equação (7) fornece a razão de liberação do calor carregado pelas chamas, isto é:

$$Q_p = 0,40 \times 0,5 \times 10 = 2MW \quad (23)$$

o que corresponde a uma intensidade de radiação 0,391 kW/m<sup>2</sup>.

Q\* (ver Capítulo 4, página 69) é:

$$Q^* = \frac{2000}{1110 \times (\sqrt{10})^{5/2}} = 0,1013 \quad (24)$$

Então, z<sub>0</sub> dado pela equação (12) vale:

$$z_0 = -1,20 \times \sqrt{10} + 1,38 \times (0,1013)^{2/5} \times \sqrt{10} = -2,048m \quad (25)$$

O fluxo de fumaça próximo às paredes, Figura 16, e à 1,70m do piso, a mais de 15m do centro do fogo, é:

$$m_{fumaça} = 0,071 \times 2000^{1/3} (1,70 + 2,048)^{5/3} = 8,069kg / s \quad (26)$$

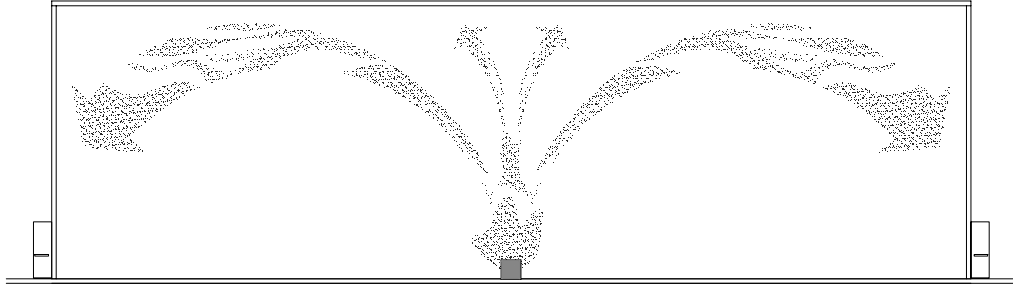


Figura 16 – Compartimento em elevação

O incremento médio de temperatura da massa de gás nesta altura é:

$$\Delta\theta = \frac{2000}{8,069 \times 1} = 248^\circ \text{C} \quad (27)$$

O volume de fumaça é ( $\rho_{ar,20^\circ \text{C}} = 1,227 \text{kg} / \text{m}^3$ ):

$$V_{fumaça} = 8,069 \times \frac{(248 + 273)}{(1,227 \times 293)} = 11,694 \text{m}^3 / \text{s} \quad (28)$$

Suponha que o material combustível tenha uma densidade ótica em massa igual a  $0,30 \text{m}^2/\text{g}$  (BSI DD240, 1999). Nesse caso, sendo  $f_b$  a massa combustível consumida dado por:

$$f_b = \frac{2000}{19000} = 0,105 \text{kg} / \text{s} \quad (29)$$

onde  $\Delta t = 3600 \text{s}$  é a duração assumida do incêndio. Logo, a densidade ótica da fumaça 60s após o início da ignição é:

$$D = \frac{0,30 \times 105}{11,7} = 2,69 \text{m}^{-1} \quad (30)$$

e, em consequência, a distância de visibilidade é:

$$S = 2,5x \frac{1}{D} = 0,929m \quad (31)$$

Observa-se que nesta primeira simulação, o único critério de projeto atendido a apenas 60s do início do incêndio (observar que o tempo de evacuação completa é 600s) é o que se refere ao nível de radiação na superfície interna do compartimento igual a 0,391 kW/m<sup>2</sup> e, portanto, inferior ao limite de 2,5 kW/m<sup>2</sup> capaz de causar queimaduras severas na pele (BSI DD240, 1999). Quanto à temperatura a 1,70m do piso e à distância de visibilidade, respectivamente, 248°C e 0,929m, os critérios de projeto não são atendidos, indicando sério risco de danos às pessoas pelo calor.

### 6.2.2 Segunda simulação – carga de incêndio de 100 MJ/m<sup>2</sup>

No mesmo compartimento, se a carga de incêndio e a área de fogo fossem reduzidas a 1/6 dos valores usados na primeira simulação, o tempo necessário para o escape seria igual a  $\Delta t_{nec} = 600s$ . Mas,  $Q_p$  seria:

$$Q_p = 0,40x0,5x \frac{10}{6} = 0,333MW \quad (32)$$

o que corresponde a uma intensidade de radiação 0,065 kW/m<sup>2</sup>.  $Q^*$  vale:

$$Q^* = \frac{333}{1110x(\sqrt{1,667})^{5/2}} = 0,158 \quad (33)$$

Então,  $z_0$  se calcula por:

$$z_0 = -1,20x\sqrt{1,667} + 1,38x(0,158)^{2/5}x\sqrt{1,667} = -0,698m \quad (34)$$

O fluxo de massa de fumaça, a mais de 1,5m do centro do fogo e a 1,70m de altura, é:

$$m_{fumaça} = 0,071 \times 333^{1/3} (1,70 + 0,698)^{5/3} = 2,11 \text{ kg / s} \quad (35)$$

A temperatura média da massa de gás nesta altura é:

$$\Delta\theta = \frac{333}{2,11 \times 1} = 158^\circ \text{ C} \quad (36)$$

O volume de fumaça é:

$$V_{fumaça} = 2,11 \times \frac{(158 + 273)}{(1,227 \times 293)} = 2,53 \text{ m}^3 / \text{s} \quad (37)$$

A taxa de consumo do combustível é:

$$f_b = \frac{Q}{H_c} = \frac{333}{19000} = 0,018 \text{ kg / s} \quad (38)$$

Logo, a densidade ótica de fumaça a 60s do início do incêndio é:

$$D = \frac{0,30 \times 18}{2,53} = 2,13 \text{ m}^{-1} \quad (39)$$

e, portanto, a distância de visibilidade é:

$$S = 2,5 \times \frac{1}{D} = 1,17 \text{ m} \quad (40)$$



Da mesma maneira que na primeira simulação, o único critério de projeto atendido a 60s do início do incêndio é o que se refere ao nível de radiação na superfície interna do compartimento igual a  $0,065 \text{ kW/m}^2$ . Quanto à temperatura a  $1,70\text{m}$  do piso e à distância de visibilidade, respectivamente,  $178^\circ\text{C}$  e  $1,17\text{m}$ , os critérios de projeto não são atendidos. Neste caso, como o volume de fumaça diminuiu, a distância da visibilidade teve um pequeno aumento.

### 6.2.3 Terceira simulação – razão de liberação de calor variável

Seja a situação da primeira simulação em que a razão de liberação de calor seja variável de acordo com a expressão, em função do tempo:

$$Q = \alpha t^2 \quad (41)$$

sendo  $\alpha$  o coeficiente de desenvolvimento do incêndio que é  $0,0469 \text{ kJ/s}^3$  para centros comerciais ingleses conforme o documento BSI DD 240 *Draft* (1994). Portanto, em função do tempo, as razões de liberação de calor na fonte e na chama são dados na Tabela 32.

Tabela 32 – Razão de liberação de calor

Tempo (s)	Q (kJ/s)	Q <sub>p</sub> (kJ/s)
30	42,21	16,88
60	168,84	67,54
90	379,89	151,96
120	675,36	270,14
240	2701,44	1080,58
300	4221,00	1688,40

Para uma área de fogo de  $10\text{m}^2$ , na Tabela 33 tem-se  $Q^*$ ,  $z_0$ ,  $m_{\text{fumaça}}$ ,  $\Delta\theta$  e  $V_{\text{fumaça}}$ .

Tabela 33 – Fluxo de massa temperatura e volume de fumaça

Tempo (s)	Q*	- z <sub>0</sub> (m)	m <sub>fumaça</sub> (kg/s)	Δθ (°C)	V <sub>fumaça</sub> (m <sup>3</sup> )	θ <sub>ar, amb</sub> (°C)
30	0,001	3,519	2,857	5,90	2,375	26
60	0,003	3,367	4,316	15,65	3,705	36
90	0,008	3,162	5,278	28,79	4,724	49
120	0,014	3,003	6,048	44,67	5,681	65
240	0,055	2,427	7,718	140,00	9,296	160
300	0,086	2,159	8,007	210,87	11,222	230

De modo análogo às simulações anteriores, calculam-se a densidade ótica e a distância de visibilidade para a situação considerada, Tabela 34.

Tabela 34 – Densidade ótica e distância de visibilidade

Tempo (s)	F <sub>b</sub> (kg/s)	D (m <sup>-1</sup> )	S (m)
30	0,0009	0,00011	8796
60	0,0036	0,00029	3431
90	0,0080	0,00051	1968
120	0,0142	0,00075	1333
240	0,0569	0,00184	545
300	0,0899	0,00240	416

Conclui-se, portanto, que admitindo um incêndio tipo t<sup>2</sup> no ambiente considerado, as condições de visibilidade permanecem adequadas pelo menos até 300s do início do incêndio, mas a temperatura ambiente já se torna muito severa aos 120s.

### 6.3 DISCUSSÃO

As simulações apresentadas supõem a não entrada em operação de um sistema de chuveiros automáticos ou qualquer outro equipamento externo. Esta condição é improvável em centros comerciais. No entanto, a densidade de usuários D<sub>pop</sub>=0,5 pessoas/m<sup>2</sup> é provavelmente superada na rotina de uso dos centros comerciais, podendo chegar, como se estimou no Capítulo 4, a 1,20 pessoas/m<sup>2</sup>. Outra questão a ser considerada é a forma quadrada do compartimento adotado nas simulações, totalmente a

favor de uma evacuação bem sucedida. Normalmente, as formas arquitetônicas adotadas pelos projetistas não são bem assim.

A falta de dados dos materiais, coletados no levantamento de campo, quanto à sua especificação, fez com que não fosse possível a consideração de tais materiais nas simulações realizadas. Contudo, foram simuladas situações mais favoráveis que a realidade e mesmo assim, ficou claro o alto risco a que as pessoas estão sujeitas nos centros comerciais brasileiros.

O treinamento para evacuação é, portanto, essencial para reduzir o tempo de pré-movimento ao mínimo. Por outro lado, o número e a qualidade das saídas de emergência necessitam ser rigorosamente projetados para reduzir o tempo necessário para o escape.

Quanto aos materiais usados em acabamento/revestimento, o emprego de materiais que tenham densidade ótica em massa menores pode aumentar a distância de visibilidade em tempos superiores a 300s, onde as condições de manutenção da vida tornam-se insuportáveis. Por exemplo, a madeira tem  $D_m=0,04 \text{ m}^2/\text{g}$ , enquanto o PVC tem  $D_m=0,40 \text{ m}^2/\text{g}$ .

## CAPÍTULO 7

---

### CONCLUSÕES E SUGESTÕES

Nos centros comerciais visitados, não foram observados problemas quanto aos materiais de revestimento/acabamento utilizados, pois 100% dos locais visitados utilizaram pisos frios (como granito, mármore e porcelanato) e forros de gesso. Estas observações se deram apenas para as áreas de circulação e espaços públicos, não considerando as áreas de lojas, onde cada uma utiliza materiais de revestimentos distintos. Os pisos frios e os forros de gesso são considerados materiais de bom desempenho diante de uma situação de incêndio, ou seja, incombustíveis.

Nas lojas, apesar da utilização de materiais distintos, a maioria emprega madeira, gesso e vidro. Os materiais em si não são tão preocupantes, mas sim os produtos disponíveis para a venda, o que gera uma carga de incêndio alta.

Já nos teatros e cinemas, grande preocupação deve ser considerada, pois a maioria destes locais utiliza carpetes comuns, sem nenhuma proteção, tanto para revestimento de pisos quanto de paredes. Além disso, os assentos são de poltronas de espuma revestidas com tecido. Este tecido normalmente recebe proteção apenas contra manchas. Estes materiais são considerados combustíveis e propagam rapidamente as chamas, principalmente os carpetes, cujos pêlos influenciam bastante conforme seu tamanho.

Outra situação preocupante é com relação à inexistência, em todos os centros comerciais pesquisados, de reservatórios de fumaça no teto e de planos de treinamento de evacuação tanto por parte da própria empresa quanto por parte das lojas.

No Brasil, a preocupação com a utilização de materiais combustíveis nos locais de uso público com grande concentração de pessoas parece não se ter ainda refletido na normalização. Este é um problema muito sério, que deveria ser levado em conta na fase de projeto pelo profissional na escolha de um material de acabamento. Para que isto seja seguido, seria muito importante a elaboração de uma norma que indicasse uma classe de

materiais adequados para cada tipo de uso, visando sempre a segurança e proteção dos usuários.

Os edifícios de centros comerciais abrigam grande quantidade de pessoas, tornando a evacuação em situação de incêndio uma tarefa bastante complexa. Para uma regulamentação, três aspectos de grande importância devem ser considerados:

- a) as dimensões e o número de saídas de emergência devem ser suficientes para a evacuação do número máximo de ocupantes do compartimento considerado, no tempo inferior ao necessário para o desenvolvimento de condições insustentáveis para a vida;
- b) a sinalização das rotas de fuga e saídas de emergência deve ser adequada para contribuir para a ordenação do fluxo de pessoas e não ser confundida com as propagandas comerciais;
- c) a localização das saídas de emergência deve considerar a movimentação de fumaças dentro da edificação.

Para futuros trabalhos nesta área, sugere-se:

- a) focalizar, em particular, cinemas e teatros uma vez que eles tendem a ter revestimentos combustíveis como ficou constatado nesta pesquisa;
- b) pesquisar o comportamento real dos usuários de centros comerciais através de evacuações simuladas;
- c) pesquisar a densidade de carga de incêndio em edifícios de centros comerciais, distinguindo os vários usos (lojas, cinemas, lanchonetes);
- d) pesquisar modelos de desenvolvimento de incêndio para edifícios de centros comerciais.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALVES, R. M. Risco de incêndio em edificações comerciais tipo shopping centers. 2001. p.90. Monografia (Especialização) – Academia de Polícia Militar, Polícia Militar de Minas Gerais.

ASSIS, V. T. Rotas de fuga. 2000. Apostila – Universidade Federal de Ouro Preto, MG.

ASSIS, V. T. Carga de Incêndio em Edifícios de Escritórios – Estudo de Caso: Belo Horizonte/MG, Brasil. 2001. p.105. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Ouro Preto, MG.

AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS. *Standard Test Method for Fire Testing of Upholstered Furniture Items*: ASTM E 1537. Philadelphia, 1996.

AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS. *Standard Test Method for Specific Optical Density of Smoke Generated by Solid Materials*: ASTM E 662, 1997.

AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS. *Standard Test Method for Surface Flammability of Materials Using a Radiant Heat Energy Source*: ASTM E 162 ,1998.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. Materiais de construção – Determinação do índice de propagação superficial de chama pelo método do painel radiante: NBR 9442. Rio de Janeiro: ABNT, 1986.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. Saídas de emergência em edifícios: NBR 9077. Rio de Janeiro: ABNT, 1993.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. Exigências de resistência ao fogo de elementos construtivos de edificações – Procedimento: NBR 14432. ABNT, 2000.

BABRAUSKAS, V. *Full-scale burning behaviour of upholstered chairs. Technical Report Technical Note 1103*, NBS, 1979.

BABRAUSKAS, V. *The Generation of CO in Bench-scale Fire Tests and the Prediction for Real-scale Fires. Fire and Materials*, vol.19, p. 205-213, 1995.

BABRAUSKAS, V. e KASHIWAGI, T. *Progress Report on U. S. Research on Materials and Test Methods*. Gaithergurg, MD 20899.

BENNETTS, I. D.; POH, K. W. e LEE, A. C. *BCA Fire Safety Requirements for Shopping Centres*. 1996.

BERTO, A. F. Medidas de proteção contra incêndio: aspectos fundamentais a serem considerados no projeto arquitetônico dos edifícios. 1991. p.351. Dissertação (Mestrado) – Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de São Paulo.

BRITISH STANDARDS. *Code of practice on the application of fire safety engineering principles to the design of buildings*: BS 7974. BSI, 2002.

BRITISH STANDARDS. *Reaction to fire tests for building products – Non-combustibility test*. BS EN ISO 1182: xxxx.

BRITISH STANDARDS. *Reaction to fire tests for building products – Determination of the gross calorific value*. BS EN ISO 1716: xxxx.

BRITISH STANDARDS. *Reaction to fire tests for building products – Building products excluding floorings exposed to the thermal attack by a single burning item*. BS EN 13823: xxxx.

BRITISH STANDARDS. *Reaction to fire tests for building products – Part 2 – Ignitability when subjected to direct impingement of a flame*. BS EN ISO 11925-2: xxxx.

BRITISH STANDARDS. *Reaction to fire tests for building products-conditioning procedures and general rules for selection of substrates*. BS EN 13823: xxxx.

BRITISH STANDARDS. *Fire classification of products and building elements, Part 1 – Classification using data from reaction to fire tests*. BS EN 13823: xxxx.

BRITISH STANDARDS. *Fire precautions in the design, construction and use of buildings Part 10: Code of practice for shopping complexes*: BS 5588.

BRITISH STANDARDS. *Fire tests for furniture. Part 2. Methods of test for the ignitability of upholstered composites for seating by flaming sources*. BS 5588: Part 2, 1982.

BRITISH STANDARDS INSTITUTION. *The application of the fire safety engineering principals to fire safety in buildings*. BSI Draft for Public Comment. BSI DD 240, 1994.

BRITISH STANDARDS INSTITUTION. *The application of the fire safety engineering principals to fire safety in buildings*. BSI DD 240, 1999.

BUCHANAN, A. H. *Fire Engineering Design Guide*. Center for Advanced Engineering, University of Canterbury. 1994.

CLARET, A. M. Engenharia de Incêndio. 2000a. Apostila – Universidade Federal de Ouro Preto, MG.

CLARET, A. M. Propagação de Incêndio. 2000b. Apostila – Universidade Federal de Ouro Preto, MG.



COX, G. e CHITTY, R. *A study of the deterministic properties of unbounded fire plumes. Combustion and Flame*, 39, 191, 1980.

GALLO, J. B. e AGNELLI, J. M. Aspectos do comportamento de polímeros em condições de incêndio.

INTERNATIONAL CONFERENCE OF BUILDINGS OFFICIALS. *Uniform building code. Volume 1: administrative, fire and life-safety, and field inspection provisions*: ICBO. Whittier, Califórnia, 1994.

INTERNATIONAL CONFERENCE OF BUILDINGS OFFICIALS. *Uniform building code. Volume 1: material, testing and installation standards*: ICBO. Whittier, Califórnia, 1994.

INTERNATIONAL STANDARDS ORGANIZATION. *Building materials – determination of calorific potential*: ISO 1716, 1973.

INTERNATIONAL STANDARDS ORGANIZATION. *Assessment of the ignitability of upholstered furniture – Part 1: Ignition source: smouldering cigarette*: ISO 8191-1, 1987.

INTERNATIONAL STANDARDS ORGANIZATION. *Assessment of the ignitability of upholstered furniture – Part 2: Ignition source: match-flame equivalent*. ISO 8191-2, 1988.

INTERNATIONAL STANDARDS ORGANIZATION. *Fire tests – Building materials – Non-combustibility test*. ISO 1182 ,1990.

INTERNATIONAL STANDARDS ORGANIZATION. *Reation to fire, Part 1: Rate of heat release from building products (Cone calorimeter method), first edition*. ISO 5660, 1993.

JAPAN. *The Ministry of Construction. Building Guidance Division and Urban Building Division. Housing Bureau. The building standard law enforcement regulation. In: The building standard law of Japan. Tokyo, The Building Center of Japan, 1990.*

KRASNY, J. F. e BABRAUSKAS, V. *Burning behaviour of upholstered furniture mockups. Journal of Fire Sciences, 2:205-235, May/June 1984.*

MAH, J. *Residencial Fire Loss Estimates – U. S. National Estimates of Fires, Deaths, Injuries and Property Losses from Non-Incendiary, Non-Suspicious Fires. Division of Hazard Analysis – Washington, DC 20207, 1998.*

MALHOTRA, H. L. *Proposed code for fire safety in buildings for the State of Sao Paulo. Technical Report. Agniconsult. Radlett, UK. 1993.*

MEHAFFEY, J. R., Ph.D. *Flamability of Building Materials and Fire Growth. Building Science Insight – IRC Home. 1987.*

MITIDIERI, M. L. *Proposta de classificação de materiais e componentes construtivos com relação ao comportamento frente ao fogo – reação ao fogo. 1998. p.147. Dissertação (Mestrado) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo.*

NATIONAL RESEARCH COUNCIL OF CANADA. *National building code of Canada. Ottawa, NRCC, 1990.*

NORDTEST, *Esbo, Finland. Nordtest method for upholstered furniture: burning behaviour – Full scale test: NT FIRE 032, 1991.*

NORMA BÁSICA DE LA EDIFICACIÓN. *Condiciones de Protección contra Incêndio en los edificios: NBE CPI 1991.*

PARR INSTRUMENT COMPANY. *Instructions for the 1341 plain jacket oxygen bomb calorimeter. Moline, IL, s.d. 23p. (Manual nº 147).*

PEHRSON, R. *Prediction of fire growth on furniture using CFD*. 1999. p.310. Dissertação (Doutorado) – *Worcester Polytechnic Institute*.

SÃO PAULO (Município). Decreto nº 38.069/93, de 14 dez. de 1993, que aprova as especificações para instalação de proteção contra incêndio, e dá outras providências correlatas. *Lex: Legislação Estadual do Estado de São Paulo*, v.57, p.1290-1339, jul./dez. 1993.

SÃO PAULO (Município). Decreto nº 46.076 de 31 ago. de 2001. *Legislação Estadual do Estado de São Paulo*.

SÃO PAULO. Instrução Técnica nº 10. Controle de materiais de acabamento e revestimento. Corpo de Bombeiros da Polícia Militar do Estado de São Paulo.

SHIELDS, T. J. e BOYCE, K. E. *A study of evacuation from a large retail stores. Fire SERT Centre, University of Ulster, Carrickfergus, UK. Fire Safety Journal*, 2000.

SHIH, N.-J.; LIN, C.-Y. e YANG, C.-H. *A virtual-reality-based feasibility study of evacuation time compared to the tradicional calculation method. Department of Architecture, National Taiwan University of Science and Technology, Taiwan. Fire Safety Journal*,. 2000.

SMITH, D. *European system of fire classification for construction products – the reality. Fire Safety Engineering*, p 6-9, march 2001.

SUNDSTRÖM, B. *CBUF fire safety of upholstered furniture – the final report on the CBUF research programme. Technical Report 3478/1/0/196/92/11-BCR-DK(30), European Commission Measurements and Testing*, 1995.

TEWARSON, A. *Generation of heat and chemical compounds in fires. SFPE Handbook of Fire Protection Engineering. 2<sup>nd</sup> Edition*, 3-53, *Society for Fire Protection Engineering*, Boston, 1995.

ZUKOSKI, E. E.; KUBOTA, T. e CETEGEN, B. *Entrainment in fire plumes. Fire Safety Journal*, 3, 107, 1980.

## **ANEXO**



UFOP  
Universidade Federal  
de Ouro Preto

UNIVERSIDADE FEDERAL DE OURO PRETO  
ESCOLA DE MINAS – DECIV  
MESTRADO EM CONSTRUÇÃO METÁLICA  
DISSERTAÇÃO DE MESTRADO: REAÇÃO AO FOGO DOS MATERIAIS E TEMPO DE ESCAPE EM  
EDIFICAÇÕES DE CENTROS COMERCIAIS NO BRASIL  
MESTRANDA: PAULA ETRUSCO RIBEIRO MOREIRA  
ORIENTADOR: ANTÔNIO MARIA CLARET DE GOUVÊIA

**PLANILHA PARA LEVANTAMENTO EM CAMPO**

DATA: \_\_\_\_/\_\_\_\_/\_\_\_\_

**1. IDENTIFICAÇÃO:**

EDIFÍCIO: \_\_\_\_\_

ENDEREÇO: \_\_\_\_\_

**2. CARACTERÍSTICAS DO EDIFÍCIO:**

a) USO: PÚBLICO ( ) PRIVADO ( ) MISTO ( )

b) NÚMERO DE PAVIMENTOS: \_\_\_\_\_ ALTURA TOTAL: \_\_\_\_\_

c) ÁREA CONSTRUÍDA: \_\_\_\_\_

d) DATA DA CONSTRUÇÃO: \_\_\_\_\_

e) VIZINHANÇA: \_\_\_\_\_

f) ALTURA DE SUA VIZINHANÇA: \_\_\_\_\_

g) HORÁRIO DE FUNCIONAMENTO: \_\_\_\_\_

h) NÚMERO DE OCUPANTES: \_\_\_\_\_

i) EQUIPAMENTOS DE SEGURANÇA: PROJETO ( ) PROTEÇÃO PASSIVA ( )  
BRIGADAS DE INCÊNDIO ( ) OUTROS ( ) \_\_\_\_\_

j) RESERVATÓRIO PARA FUMAÇA NO TETO: SIM ( ) NÃO ( )

k) PERIODICIDADE DE TREINAMENTO DE EVACUAÇÃO EM CASO DE INCÊNDIO: \_\_\_\_\_

l) PLANO DE EMERGÊNCIA PARA SITUAÇÃO DE INCÊNDIO EM CADA LOJA: SIM ( ) NÃO ( )

m) PLANO DE EVACUAÇÃO ORIENTADA: SIM ( ) NÃO ( )

**3. AMBIENTE:** número ( )

a) TIPO (nome do ambiente): \_\_\_\_\_

b) POSIÇÃO NA PLANTA ARQUITETÔNICA (croquis, caso o projeto não esteja disponível):

c) DIMENSÕES: COMPRIMENTO \_\_\_\_\_ LARGURA \_\_\_\_\_ PÉ-DIREITO \_\_\_\_\_

d) NÍVEL (andar): \_\_\_\_\_

e) NÚMERO DE OCUPANTES: \_\_\_\_\_

f) COMPARTIMENTAÇÃO: VERTICAL não ( ) sim ( ) HORIZONTAL não ( ) sim ( )

g) EQUIPAMENTOS DE SEGURANÇA: CHUVEIROS AUTOMÁTICOS ( ) DETECTORES DE FUMAÇA ( )

h)

LOCAL	MATERIAIS DE ACABAMENTO		
	Tipo	Área (m <sup>2</sup> )	Espessura (mm)
PISO			
PAREDES INTERNAS			
TETO			

i) DISPOSIÇÃO DAS ABERTURAS:

TIPO DE ABERTURA \_\_\_\_\_ QUANTIDADE \_\_\_\_\_

ÁREA TOTAL \_\_\_\_\_ LOCALIZAÇÃO \_\_\_\_\_

CAIXA DE FUMAÇA SIM ( ) NÃO ( )

CROQUIS:

j) OBSERVAÇÕES: