

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

Domenica Loss Mattedi

**UMA CONTRIBUIÇÃO AO ESTUDO DO PROCESSO
DE PROJETO DE SEGURANÇA CONTRA INCÊNDIO
BASEADO EM DESEMPENHO**

**OURO PRETO
2005**

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

**UMA CONTRIBUIÇÃO AO ESTUDO DO PROCESSO
DE PROJETO DE SEGURANÇA CONTRA INCÊNDIO
BASEADO EM DESEMPENHO**

DOMENICA LOSS MATTEDI

ORIENTADOR: Prof. Dr. Antonio Maria Claret de Gouvêia

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, agosto de 2005

Mattedi, Domenica Loss.
M435c Uma contribuição ao estudo do processo de projeto de segurança
contra incêndio baseado em desempenho [manuscrito] /\ Domenica
Loss Mattedi .- 2005.
228 p. : il.; graf., tabs.

Orientador: Prof. Dr. Antônio Maria Claret de Gouvêia
Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Ouro Preto.
Escola de Minas. Departamento de Engenharia Civil.

1. Segurança contra incêndio - Teses. 2. Desempenho - Normas técnicas – Teses. 3. Normas prescritivas –Incêndio - Teses. 4. Processo de projeto - Teses I. Universidade Federal de Ouro Preto. Escola de Minas. Departamento de Engenharia Civil. II. Título.

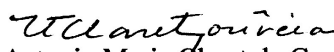
CDU: 624


Catálogo: sisbin@sisbin.ufop.br


UMA CONTRIBUIÇÃO AO ESTUDO DO PROCESSO DE SEGURANÇA CONTRA INCÊNDIO BASEADO EM DESEMPENHO

AUTOR: DOMENICA LOSS MATTEDI

Esta dissertação foi apresentada em sessão pública e aprovada em 22 de setembro de 2005, pela Banca Examinadora composta pelos seguintes membros:


Prof. Dr. Antonio Maria Claret de Gouvêia (Orientador / UFOP)


Dr. Fábio Domingos Pannoni (AÇOMINAS)


Prof. Dr. João Carlos Souza (UFSC)

*Aos meus pais, Ana Luíza e Hermenegildo,
pelo encorajamento e incondicional apoio;
aos queridos irmãos, Romulo e Daniela;
aos que guardo no coração;
àqueles que acreditam que todos os passos são
possíveis de serem dados, quando se quer ir;
a Deus, presença viva que torna todas as
coisas possíveis.*

AGRADECIMENTOS

Concretizar este trabalho significou percorrer uma trajetória. Assim, não poderia deixar de agradecer:

A você, professor Claret, por me propor ousar o desconhecido, incentivando e me ajudando incondicionalmente, além das raras oportunidades de poder expandir os limites sobre o pensamento científico e humano.

À Universidade Federal de Ouro Preto – Escola de Minas – pela chance única de aprendizado.

Aos distintos professores da Escola por tê-los conhecido e a todos os funcionários, de modo especial, ao Sr. Dornelas e a Srta. Rovia, pela prontidão de sempre.

À Fundação Gorceix, pela concessão da bolsa.

Ao Sr. Fabio Domingos Pannoni; a Sra. Catia Mac Cord Simões Coelho (IBS); à professora Rosaria Ono (FAU-USP); ao professor Valdir Pignatta e Silva (EP-USP); ao Sr. Antônio F. Berto; ao Sr. Eryx Sholl e membros do Centro Brasileiro de Tecnologia de Incêndio (CBTI); ao Capitão Miranda (Corpo de Bombeiros do Estado de São Paulo); ao Corpo de Bombeiros do Estado do Espírito Santo; ao Sr. Carlos Alberto de Moraes Borges (Cobracon) e ao Sr. Reinaldo Dias Ferraz de Souza (Ministério da Ciência e Tecnologia – MCT), pela total disponibilidade em auxiliar a pesquisa e pelas valiosas contribuições e informações prestadas.

A vocês, queridos amigos do Mestrado, pela oportunidade de conhecê-los, pelos bons momentos e pela amizade sincera.

Ao Sr. Agostinho Barroso e à D. Márcia, pelo acolhimento e amizade.

A Ouro Preto, pelo especial encanto que possui e que impregna todos que por aqui passam.

Aos meus pais e irmãos, pelo apoio de sempre.

A todos os que torceram para que eu chegasse até aqui.

A Deus, por permitir que tudo acontecesse e por conceder mais um passo à minha vida.

Desenho

*Traça a reta e a curva,
A quebrada e a sinuosa
Tudo é preciso.
De tudo viverás.
Cuida com exatidão da perpendicular
e das paralelas perfeitas.
Com apurado rigor.
Sem esquadro, nem nível, sem fio de prumo,
Traçarás perspectivas, projetarás estruturas.
Número, ritmo, distância, dimensão.
Tens os teus olhos, o teu pulso, a tua memória.*

*Construirás os labirintos impermanentes
que sucessivamente habitarás.*

*Todos os dias estás refazendo o teu desenho.
Não te fadigues logo. Tens trabalho para toda a vida.
E nem para o teu sepulcro terás a medida certa.*

*Somos sempre um pouco menos do que pensávamos.
Raramente, um pouco mais.*

Cecília Meireles (1901 – 1964)

RESUMO

Investigar e compreender os princípios do método de projeto baseado em desempenho aplicado ao projeto de segurança contra incêndio de edificações consiste no foco principal desta pesquisa. O *performance-based design* (PBD) vem sendo estudado intensivamente e utilizado em boa parte do mundo desenvolvido com vistas à evolução do sistema prescritivo de segurança contra incêndio, sistema tradicionalmente utilizado em projetos. A discussão acerca da filosofia de projeto baseado em desempenho evidencia uma outra possibilidade de tratar as soluções e as medidas de segurança contra incêndio sob o enfoque avançado da Engenharia de Incêndio. Diversos países hoje se encontram na vanguarda da utilização do PBD, tendência mundial ao paradigma tradicional prescritivo. Uma análise do grau de prescritividade das normas técnicas, regulamentos e instruções técnicas brasileiras foi elaborada, segundo metodologia própria descrita no texto, com o objetivo de avaliar sua influência no processo de projeto de segurança contra incêndio e, assim, verificar a viabilidade de implantação de sistemas de normas baseadas em desempenho no contexto nacional. Esta pesquisa discute ainda a viabilidade de implantação da filosofia de projeto PBD no âmbito dos processos de projeto utilizados no País – seqüencial e simultâneo. Finalmente, três estudos de caso de aplicação do PBD ao projeto de segurança contra incêndio de edificações reportam sua viabilidade com base na experiência estrangeira. A inserção do Brasil nesse contexto poderá ser efetivada a partir de um conjunto de condições políticas, educacionais, institucionais, culturais e sociais inerentes ao processo de desenvolvimento do PBD. Esta pesquisa marca, portanto, o debate em um estágio ainda inicial e, por isso, investigações mais aprofundadas devem ser realizadas.

Palavras-chave: Projeto baseado em desempenho. Projeto de segurança contra incêndio. Normas técnicas. Normas prescritivas.

ABSTRACT

This work has the objective of investigate and understand the general principles of performance-based design (PBD) applied specifically to building fire safety. This proposal became a challenge and is opportune as this subject has gained worldwide prominence in the international context compared with the traditionally used prescriptive system of fire safety design. The discussion about performance-based design philosophy exhibit others possibilities to treat fire safety solution starting from the advanced focus of Fire Engineering. Several countries are in the vanguard use of performance-based design, a worldwide tendency to substitute prescriptive traditional system. An analysis of prescriptiveness level of Brazilian standards is presented with the objective to evaluate the influence of this prescriptive regulations on the fire safety design process and to verify the feasibility of adoption of this design philosophy in parallel with traditional and simultaneous engineering building project methods. Finally, three case studies reporting the use of PBD on the building fire safety design were presented based on the experience of other countries. It is concluded that the insertion of Brazil in this context is feasibly starting from a set actions like changes of educational policy in architecture and engineering and others institutional, cultural and social conditions inherent to PBD development process.

Keywords: Performance-based design. Fire safety design. Technical standards. Prescriptive standards.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1.1 Caracterização geral do conceito do sistema de desempenho	19
Figura 2.1 Capacidade empírica de construção com o uso de materiais encontrados na natureza	31
Figura 2.2 Capacidade excedente de resistência estrutural.....	32
Figura 2.3 Atuação de forças na estrutura.....	33
Figura 2.4 Processo evolutivo do sistema <i>performance-based</i>	36
Figura 2.5 Um dos componentes da árvore de conceitos da segurança contra incêndio: evitar a deflagração do incêndio	38
Figura 2.6 Esquema do método de avaliação do risco idealizado por Beck.....	40
Figura 2.7 Estrutura hierárquica da primeira norma de desempenho australiana: <i>Performance BCA</i>	45
Figura 2.8 Procedimento de projeto sugerido pelo <i>Fire Engineering Design Guide</i>	50
Figura 2.9 Interação entre os principais elementos envolvidos no sistema PBD	61
Figura 2.10 Estrutura hierárquica típica dos principais componentes do sistema PBD..	67
Figura 2.11 O desempenho como a quantificação da forma, função e contexto	71
Figura 2.12 Estrutura geral do processo de desenvolvimento do PBD	74
Figura 2.13 Esquema geral da concepção do processo de projeto baseado em desempenho	75
Figura 2.14 Curvas de incêndio de projeto e de taxa de liberação de calor.....	84
Figura 3.1 Níveis hierárquicos das normas	98
Figura 3.2 Relação entre prescritividade e desempenho	107
Figura 3.3 Índices de prescritividade absolutos	114
Figura 4.1 Interação entre os vários fenômenos associados ao incêndio.....	119

Figura 4.2 Pensamento sistêmico da segurança contra incêndio	123
Figura 4.3 Possibilidade de sucesso na extinção de um incêndio em relação ao tempo do início do atendimento	126
Figura 4.4 Representação gráfica da evolução do incêndio em um compartimento	129
Figura 4.5 Estágios da evolução do incêndio em um compartimento	129
Figura 4.6 Algumas interfaces entre ambiente e incêndio	130
Figura 4.7 Resposta humana diante das altas temperaturas do incêndio	132
Figura 4.8 Atividades e procedimentos para escape em função da relação entre o número de pavimentos e as condições de mobilidade humana.....	133
Figura 4.9 Caracterização geral do processo de projeto.....	142
Figura 4.10 Esquema genérico do processo de projeto tradicional (seqüencial) com a participação dos principais intervenientes.....	142
Figura 4.11 Arranjo de equipe de projeto tradicional.....	144
Figura 4.12 Fluxo resumido das principais etapas e objetivos do processo de projeto.	148
Figura 4.13 Arranjo de equipe de projeto multidisciplinar.....	150
Figura 4.14 Proposta para a seqüência do projeto simultâneo, com ênfase no paralelismo e interatividade entre especialidades	151
Figura 4.15 Principais etapas e atividades do PBD	153
Figura 4.16 Inclusão do PBD no modelo tradicional de processo de projeto	154
Figura 4.17 Inclusão do PBD no modelo de processo de projeto simultâneo.....	156
Figura 4.18 Conceito geral do PBD associado ao ciclo fechado de produção.....	159
Figura 5.1 Pavimento tipo e corte esquemático do edifício.....	161
Figura 5.2 Parte central do edifício projetada como alternativa para a análise PBD	162
Figura 5.3 Vista geral da fachada frontal do Museu AIB	171
Figura 5.4 Detalhe da fachada frontal do Museu AIB.....	172
Figura 5.5 Pavimento térreo do Museu AIB.....	172

Figura 5.6 Vista superior do Museu AIB	173
Figura 5.7 Simulação da modelagem do incêndio do AIB, via FDS.....	175
Figura 5.8 Pavimentos térreo e tipo do hotel.....	179
Figura 5.9 Interface gráfica do movimento dos ocupantes durante o escape de um dado edifício utilizando o <i>Simulex</i>	181
Figura 5.10 Avaliação do <i>Simulex</i> do movimento dos ocupantes obstruídos	183
Figura 5.11 Comparação entre os resultados dos tempos usando os modelos EXIT89 e <i>Simulex</i>	184

LISTA DE TABELAS

Tabela 3.1 Síntese das principais informações das NBRs e ITs analisadas	113
Tabela 3.2 Graus de prescritividade das normas analisadas	115
Tabela 4.1 Estimativa aproximada dos custos de incêndio nos EUA	122
Tabela 5.1 Resultado dos tempos apresentados pelo modelamento computacional	170
Tabela 5.2 Resultados dos critérios de desempenho-limite e calculado	176
Tabela 5.3 Principais dados de entrada para o EXIT89 na simulação de hotel	180
Tabela 5.4 Tempo de escape nos cenários analisados usando o EXIT89	180
Tabela 5.5 Principais dados de entrada para o <i>Simulex</i> na simulação de hotel	182
Tabela 5.6 Tempo de escape nos cenários analisados usando o <i>Simulex</i>	182
Tabela 5.7 Resultado do escape usando o <i>Simulex</i> comparando escadas contínua e em ‘U’	182

LISTA DE QUADROS

Quadro 2.1 Vantagens e desvantagens dos sistemas prescritivo e PBD	65
Quadro 2.1 Vantagens e desvantagens dos sistemas prescritivo e PBD (continuação) ..	66
Quadro 2.2 Variação na nomenclatura entre termos do PBD e PBC	69
Quadro 2.3 Exemplo genérico das metas de proteção contra incêndio, objetivos dos clientes/participantes, objetivos de projeto e critérios de desempenho	81
Quadro 3.1 Relação dos CBs e ONSs que atualmente integram a ABNT.....	100
Quadro 3.2 Relação das NBRs e ITs analisadas	109
Quadro 3.3 Relação dos tipos de <i>ações</i> ou <i>comandos</i> normativos e seus respectivos graus de prescritividade	111
Quadro 4.1 Síntese do sistema global de segurança contra incêndio, com destaque para os elementos que o compõem e as principais medidas de segurança	125
Quadro 4.2 Síntese dos fatores de riscos de incêndio e suas influências.....	135
Quadro 4.3 Diversas denominações dadas ao projeto de incêndio, ratificando as diferenças das regulamentações estaduais dos Corpos de Bombeiros.....	137
Quadro 4.4 Algumas subdivisões das etapas do processo de projeto.....	147
Quadro 5.1 Níveis de desempenho de segurança humana	167
Quadro 5.2 Níveis de desempenho operacional	167
Quadro 5.3 Níveis de desempenho estrutural	168

LISTA DE SIGLAS

ABNT	- Associação Brasileira de Normas Técnicas
AFNOR	- <i>Association Française de Normalisation</i>
AMN	- Associação Mercosul de Normalização
ANSI	- <i>American National Standards Institute</i>
ART	- Anotação de Responsabilidade Técnica
BSI	- <i>British Standards Institution</i>
CAD	- <i>Computer Aided Design</i>
CB	- Comitê Brasileiro
CBMERJ	- Corpo de Bombeiros Militar do Estado do Rio de Janeiro
CBMES	- Corpo de Bombeiros Militar do Estado do Espírito Santo
CBPMESP	- Corpo de Bombeiros da Polícia Militar do Estado de São Paulo
CIB	- <i>International Council for Research and Innovation in Building and Construction</i>
CNN	- Comitê Nacional de Normalização
COBRACON	- Comitê Brasileiro de Construção Civil
CONFEA	- Conselho Federal de Engenharia, Arquitetura e Agronomia
CONMETRO	- Conselho Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial
COPANT	- Comissão Pan-Americana de Normas Técnicas
CREA	- Conselho Regional de Engenharia, Arquitetura e Agronomia
DIN	- <i>Deutsches Institut für Normung</i>
ES	- Engenharia Simultânea
ICC	- <i>International Code Council</i>
IEC	- <i>International Electrotechnical Commission</i>
INMETRO	- Instituto Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial
IPT	- Instituto de Pesquisas Tecnológicas
ISO	- <i>International Organization for Standardization</i>
IT	- Instrução Técnica
NBR	- Norma Brasileira
NFPA	- <i>National Fire Protection Association</i>

NIST	- <i>National Institute of Standards and Technology</i>
NR	- Norma Regulamentadora
NRC	- <i>National Research Council Canada</i>
ONS	- Organismo de Normalização Setorial
PBC	- <i>Performance-based code</i>
PBD	- <i>Performance-based design</i>
PBQP	- Programa Brasileiro da Qualidade e Produtividade
SC	- <i>Subcommittee</i>
SCI	- Segurança contra incêndio
SFPE	- <i>Society of Fire Protection Engineers</i>
SINMETRO	- Sistema Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial
TC	- <i>Technical Committee</i>
USP	- Universidade de São Paulo

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	18
1.1 Introdução	18
1.2 Justificativa	23
1.3 Objetivos	25
1.4 Metodologia.....	25
1.5 Revisão bibliográfica.....	26
1.6 Estrutura da dissertação	29
 2 O PROJETO DE SEGURANÇA CONTRA INCÊNDIO BASEADO EM DESEMPENHO – <i>PERFORMANCE-BASED DESIGN</i>.....	 30
2.1 Introdução: resgate histórico	30
2.2 Evolução do sistema <i>performance-based</i> no panorama internacional	36
2.2.1 Década de 70.....	37
2.2.2 Década de 80.....	41
2.2.3 Década de 90 até os dias atuais	44
2.2.4 A ação de algumas instituições.....	54
2.3 Aspectos conceituais do <i>performance-based design</i> (PBD)	58
2.3.1 Desempenho.....	58
2.3.2 Diferenças entre os sistemas prescritivo e de desempenho	60
2.3.3 Vantagens e desvantagens do PBD.....	65
2.3.4 O sistema <i>performance-based</i>	66
2.4 O <i>performance-based design</i> (PBD).....	70
2.4.1 O processo de projeto	72
2.4.2 Estrutura geral do processo de projeto	73

3 NORMALIZAÇÃO BRASILEIRA: ASPECTOS GERAIS E ANÁLISE DA PRESCRITIVIDADE	92
3.1 Aspectos da normalização.....	92
3.1.1 Contexto histórico	92
3.1.2 Estrutura da normalização brasileira.....	96
3.1.3 Normalização brasileira de segurança contra incêndio	102
3.2 Prescritividade e desempenho.....	104
3.3 Análise da prescritividade.....	107
3.3.1 Objetivo, metodologia e análise	107
3.3.2 Conclusão	115
4 SEGURANÇA CONTRA INCÊNDIO E PROCESSO DE PROJETO.....	117
4.1 Considerações iniciais	117
4.2 Tipos de danos e sua extensão.....	121
4.3 Elementos do projeto sistêmico	123
4.4 Análise PBD e a questão do risco	127
4.5 A segurança contra incêndio tratada no processo de projeto	136
4.5.1 Legislação e formação profissional	136
4.5.2 Segurança contra incêndio e processo de projeto	139
4.5.3 Os processos de projeto	141
4.5.4 Adequação do PBD no processo de projeto.....	152
5 APLICAÇÕES DO PBD.....	160
5.1 Edifício de uso comercial e escritórios.....	160
5.2 The Arts and Industries Building (AIB).....	171

5.3 Análise PBD em hotel usando dois modelos de escape: uma comparação entre resultados	177
6 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	186
6.1 Conclusões	186
6.2 Sugestões	191
REFERÊNCIAS	192
APÊNDICE – RELAÇÃO DAS NORMAS ABNT E INSTRUÇÕES TÉCNICAS ANALISADAS	206
ANEXO – RELAÇÃO DAS NORMAS DA ABNT/CB24 QUE SE ENCONTRAM ATUALMENTE EM VIGOR	226

INTRODUÇÃO

1.1 Introdução

O paradigma atual no qual se baseiam todas as soluções e medidas de segurança contra incêndio, tradicional e mundialmente utilizadas, corresponde ao método prescritivo de segurança. As proposições prescritivas são formuladas como exigências detalhadas e padronizadas de medidas de segurança específicas, aplicadas em ocupações definidas ou usos genéricos. Definem-se características construtivas, limites de dimensões e mesmo os sistemas de proteção, sem que se estabeleça claramente como esses requisitos atendem às metas de segurança esperadas em um determinado contexto (SFPE, 2000). As soluções prescritivas são, portanto, resultado de anos de tradição e experiência construtiva (LUNDIN, 2004).

No entanto, desde a década de 70, aproximadamente, uma mudança no paradigma prescritivo vem sendo percebida com a crescente investigação e consolidação da tecnologia de projeto baseado em desempenho. Diversos países europeus e asiáticos, além dos Estados Unidos e do Canadá, encontram-se hoje na vanguarda da utilização dos conceitos e princípios do projeto baseado em desempenho ou, na literatura de língua inglesa, *performance-based design* (PBD). Nesses países, já existem edições autorizadas dos *performance-based codes* (PBC) cujo emprego é alternativo aos códigos de projeto tradicionais, essencialmente prescritivos. Isso ocorre como consequência do estágio de desenvolvimento da Engenharia de Incêndio: a introdução dos métodos de projeto e das ferramentas computacionais para sua efetivação prática (MEACHAM, 1998).

Nesse contexto, o conceito do *performance-based design* traz em si uma abordagem ampla, na qual as estratégias de proteção contra incêndio são desenvolvidas como um sistema integrado de segurança, considerando aspectos ou usos únicos da edificação,

necessidades específicas do cliente e expectativas gerais da sociedade ou comunidade envolvida.

O PBD consiste em um dos elementos que integram um sistema maior, composto pelos códigos de desempenho, diretrizes e orientações técnicas, além de ferramentas de projeto e de cálculo. Conceitualmente, o modelo de desempenho pode ser dividido em dois componentes, como ilustrado na Figura 1.1. A porção qualitativa, que compreende metas, requisitos e níveis de desempenho, é descrita em termos qualitativos e define a estrutura e a diretriz para a porção quantitativa, traduzindo-se em um elemento regulador das necessidades e expectativas das partes envolvidas (sociedade, projetistas, autoridades públicas, usuários e proprietários), a serem cumpridas pela edificação ou sistema considerado. A parte quantitativa abrange critérios de desempenho mensuráveis e métodos de verificação, correspondendo à parte principal do modelo, na qual a concretização do sistema ocorre efetivamente. Os parâmetros quantitativos de projeto devem, portanto, estar coerentes com as diretrizes qualitativas inicialmente colocadas, ambos embasados técnica e cientificamente (SFPE, 2000; MEACHAM et al., 2002; BERGERON, 2002).

MODELO DO SISTEMA DE DESEMPENHO

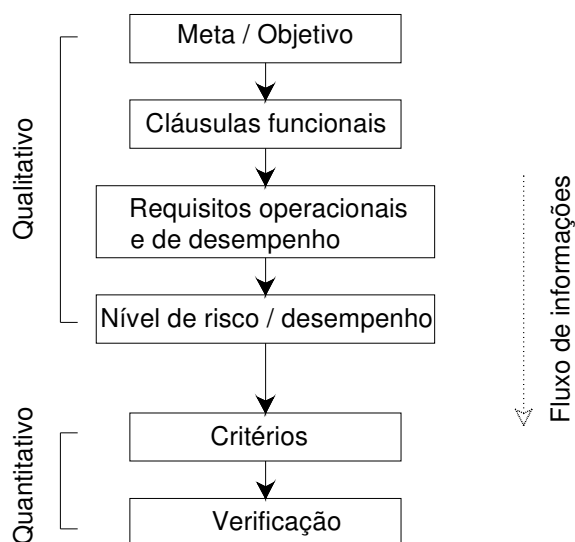


Figura 1.1 Caracterização geral do conceito do sistema de desempenho

Fonte: Meacham et al., 2002

A metodologia de projeto baseado em desempenho se apóia na premissa de que o projeto deve ser referenciado em objetivos de desempenho específicos em vez de

exigências genéricas. As soluções de segurança contra incêndio são projetadas para alcançar uma meta de segurança inicialmente colocada em um determinado contexto. Ou seja, transformar os objetivos definidos qualitativamente em soluções de segurança compatíveis, por meio da definição e avaliação de parâmetros de projeto quantificáveis (CUSTER; MEACHAM, 1997).

A investigação sobre as exigências de resistência ao fogo de elementos construtivos ou estruturais consiste em uma das fundamentações do método prescritivo e influencia enormemente os custos da construção, pois elementos com resistência excessiva se traduzem em custos desnecessários. O desenvolvimento da Engenharia de Incêndio e a tendência, cada vez mais freqüente, do uso do PBD abrem novas possibilidades para a otimização das soluções de projeto, sem o comprometimento da segurança (CIB269, 2001).

A proposta do PBD marca, portanto, a inserção de um modelo conceitualmente diferente do modelo preconizado pelo prescritivo. Todo debate e discussão desenvolvidos no contexto internacional conduzem, em um primeiro momento, à coexistência dos dois modelos, sem que haja a substituição do prescritivo pelo desempenho, em função exatamente das especificidades inerentes a cada um e dos objetivos a que se propõem.

A principal característica do modelo prescritivo é que o profissional (arquiteto ou engenheiro) projeta para estar em conformidade com as normas, que especificam *como* o edifício deverá ser projetado, construído e mantido, *quais* as exigências e soluções de projeto que deverão ser observadas e *onde* essas soluções deverão ser empregadas. Por outro lado, o modelo de desempenho caracteriza-se pela análise, avaliação e demonstração da solução técnica de segurança que apresenta melhor adequação ao problema proposto, tanto do ponto de vista técnico como do econômico. Dessa forma, há uma ênfase sobre como o edifício deve funcionar globalmente, considerando todas as interações entre incêndio, edificação, sistemas de segurança, ocupantes e meio ambiente, prescindindo de soluções padronizadas (MEACHAM, 1997b; ISC, 2001).

Afirma-se, nos meios acadêmicos e institucionais e no mercado, que nem sempre a solução prescritiva oferece flexibilidade para viabilizar soluções modernas de projeto e

construção, não apresentando a possibilidade de otimizar as soluções de segurança. A utilização do PBD amplia os limites possíveis das soluções de projeto. Assim, a abordagem prescritiva se aplica muito bem a determinadas soluções de projeto e, desse modo, continuará sendo utilizada mundialmente. Entretanto, com a evolução da Engenharia de Incêndio, o PBD se constitui em uma aplicação plausível na área de segurança contra incêndio, principalmente em edifícios ou situações mais complexas, em que se exige o desenvolvimento de estratégias de segurança inovadoras (CUSTER; MEACHAM, 1997; CIB291, 2003; LORD; MARRION, 2003; HADJISOPHOCLEOUS; BENICHOU, 2000).

No Brasil, nas últimas décadas, observa-se uma constante preocupação com o custo de implantação de níveis mínimos aceitáveis de segurança contra incêndio nas edificações. De fato, se, por um lado, o desenvolvimento econômico do País leva à demanda de edificações de grande porte e de grande complexidade arquitetônica, como os grandes centros comerciais, os edifícios horizontais comerciais, industriais e de depósitos, os edifícios altos de cidades, como São Paulo e Rio de Janeiro, por outro lado, a redução do custo de implantação das medidas de segurança contra incêndio, com a garantia da manutenção de um nível mínimo de segurança, continua sendo um desafio para engenheiros, arquitetos, empreendedores e autoridades públicas.

O processo de implantação da normalização brasileira de segurança contra incêndio registra certo atraso em relação ao de outros países desenvolvidos. Arelada ao sistema de metrologia e qualidade industrial, a normalização técnica como um todo não era considerada, nos anos 70, com a importância que deveria merecer. No caso particular da segurança contra incêndio, a implantação das normas de segurança e da infra-estrutura laboratorial básica para a certificação de produtos somente ocorreu alguns anos após os grandes incêndios havidos em São Paulo e no Rio de Janeiro, no biênio que compreende o início 1972 e o início de 1974 (CLARET, 2000); e hoje o sistema relativo à legislação brasileira ainda guarda conflitos, sobreposições e certas contradições com a regulamentação compulsória dos Corpos de Bombeiros (BERTO, 2004). Tratando-se de um processo que demanda uma lenta aculturação em paralelo com imposição legal, o uso de normas prescritivas no Brasil sofreu uma expansão considerável no início dos

anos 90, justamente quando o processo de projeto baseado em desempenho ganhava seus contornos aplicativos na Europa e nos Estados Unidos.

Soma-se a esse cenário a prática atual brasileira que evidencia um *descolamento* entre a concepção da edificação e a posterior adequação das medidas de segurança adotadas, consequência do modelo de normalização prescritiva vigente no País, bem como da formação e atuação profissionais. Mesmo que haja um cumprimento mínimo das normas de segurança por parte dos profissionais de projeto, elas são inseridas somente quando da aprovação nos órgãos competentes. O reconhecimento da importância das medidas de segurança contra incêndio no projeto admite a incorporação dos conceitos de segurança desde a concepção arquitetônica para que se garanta que as edificações sejam seguras e econômicas, mesmo que não haja uma medida objetiva dos níveis de segurança e economia obtidos.

As circunstâncias do desenvolvimento econômico brasileiro, notadamente nos anos 90, inseridas no contexto da ampla globalização, representam um forte estímulo à mudança do cenário de normalização predominantemente prescritiva para o de normalização baseada em desempenho. Há, nesse aspecto, uma perfeita sintonia da filosofia de projeto com os paradigmas adotados em outros setores da vida econômica e social, como os de maximização da eficiência dos processos e de otimização das relações benefício/custo em todos os investimentos.

A possibilidade de que a abordagem de projeto baseado em desempenho seja viabilizada, implementada e utilizada no Brasil decorre de uma série de requisitos fundamentais e indispensáveis, como: o amadurecimento da Engenharia de Incêndio como disciplina; a qualificação e formação específica de um corpo técnico, como arquitetos, engenheiros, pesquisadores e representantes do Poder Público (Corpo de Bombeiros e Prefeitura); implementação de políticas públicas voltadas para a educação sobre segurança contra incêndio; investimentos em tecnologia de produtos e sistemas, além da formação de uma cultura que valorize a consciência preventiva do incêndio.

Esta pesquisa realiza um estudo acerca de normas elaboradas pela Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) e de instruções técnicas do Corpo de Bombeiros da Polícia Militar do Estado de São Paulo (CBPMESP). Busca-se identificar suas

implicações no processo de projeto e o grau de prescritividade presente nessas legislações, mensurando o quanto elas interferem na tomada de decisões com relação à segurança contra incêndio, bem como na liberdade e restrição projetuais.

Por outro lado, a pesquisa busca discutir o *performance-based design*, visando a contribuir, de alguma forma, para a expansão dos limites projetuais, no que tange à segurança contra incêndio, e promover o uso de novas tecnologias na área, incorporando-as na prática cotidiana da Arquitetura e Engenharia brasileiras.

1.2 Justificativa

No século XX, o desenvolvimento tecnológico provocou uma revolução na Arquitetura e na Engenharia, no que se refere a sistemas estruturais, sistemas construtivos, materiais de construção, meios de produção, consumo de energia, conforto e integração ao meio ambiente. Entretanto, com relação à segurança contra incêndio, o edifício encontra-se *tecnologicamente defasado*. É uma situação paradoxal, na medida em que a atual estrutura normativa restringe a efetivação desses avanços. No Brasil, como na maioria dos países, essa estrutura é composta de normas prescritivas, cujo teor enfatiza a segurança estrutural do edifício, direcionando o projeto a uma única solução considerada correta, adequada.

A tendência mundial aponta a migração do ambiente de projeto prescritivo para o ambiente de projeto baseado em desempenho, cujo conceito permite a implementação de diversas soluções de segurança que sejam tecnicamente eficazes e viáveis economicamente, fortalecendo o aspecto da segurança humana.

Beyler (2001) afirma que o maior desafio da segurança contra incêndio no século XXI é reduzir os custos da segurança contra incêndio na sociedade com a manutenção ou o aumento do nível de segurança. Três áreas são fundamentais para alcançar esse objetivo: políticas públicas de segurança, principalmente voltadas para as equipes de combate; prevenção do incêndio; e proteção contra incêndio. Nessas duas últimas, o PBD representa um método capaz de quantificar o desempenho dos sistemas de segurança contra incêndio.

O aspecto inovador do tema e a investigação sobre os principais motivos que despertaram o interesse para o PBD, hoje mundialmente estudado, direcionaram o desenvolvimento desta pesquisa. A possibilidade de utilização do PBD passa pela investigação profunda de questões técnicas e econômicas, mutuamente dependentes, na ciência da construção de edifícios.

Com relação ao aspecto técnico, o método prescritivo não permite avaliar a eficácia do sistema global de segurança, ou seja, não há possibilidade de se obter uma medida da relação custo/benefício das soluções de segurança implementadas em um dado contexto de projeto. Ao contrário, o método de projeto baseado em desempenho permite que as diversas soluções técnicas de segurança contra incêndio possam ser comparadas para que, ao final do processo, se escolha a solução que melhor atenda aos objetivos de segurança estipulados para determinado empreendimento. Ao mesmo tempo, no aspecto econômico, ao permitir a comparação entre as soluções aceitáveis, o PBD possibilita avaliar a relação custo/benefício (CUSTER; MEACHAM, 1997; AVERILL, 1998; SFPE, 2000).

A experiência de utilização do PBD nos países pioneiros indica que esse processo de projeto se torna viável em empreendimentos de grande porte, em que a grandeza dos investimentos justifica sua implementação. Mesmo que o método de projeto baseado em desempenho venha resultar em custos de projeto mais altos, devido aos níveis de trabalho e detalhamento empregados, os potenciais benefícios de segurança, de construção e de manutenção podem ultrapassar em muito os custos relativamente elevados de projeto, pois leva-se em conta a vida útil da edificação (CUSTER; MEACHAM, 1997; BSI DD240, 2001).

Para a construção metálica, o método de projeto baseado em desempenho pode ser viável de uma maneira especial, pois, em face do alto índice de industrialização, as decisões técnicas de Engenharia, Arquitetura e de segurança contra incêndio são desenvolvidas de forma conjunta e associadas globalmente, o que pode, ao final, resultar em uma economia considerável em relação à solução prescritiva.

Dessa forma, a presente investigação se justifica, tanto por contribuir para a disseminação e evolução do conhecimento do PBD, quanto para estimular sua pesquisa

e uma possível aplicação no País, bem como por despertar para a importância da valorização da segurança contra incêndio junto aos profissionais e demais intervenientes do processo.

1.3 Objetivos

O **objetivo principal** da dissertação consiste em investigar e compreender os princípios do método de projeto baseado em desempenho aplicado ao projeto de segurança contra incêndio de edificações.

Como **objetivos específicos**, intermediários, para se atingir o objetivo principal especificado, destacam-se:

- traçar em linhas gerais os principais aspectos do PBD, considerando sua história e evolução, e abordar os principais conceitos do método, dada a amplitude do tema e o caráter pioneiro da pesquisa no contexto brasileiro;
- elaborar uma análise do grau de prescritividade das normas técnicas brasileiras influentes sobre o processo de projeto de segurança contra incêndio para inferir sobre a maior ou menor dificuldade que se pode esperar na implantação de um ambiente de normalização baseada em desempenho, mostrando os reflexos sobre a economicidade das soluções de segurança contra incêndio em edificações;
- relacionar as questões de segurança contra incêndio e a interface arquitetônica, bem como suas implicações ao longo do processo de projeto de edificações. Caracterizar os processos de projeto tradicional e simultâneo no Brasil e apresentar uma proposta de inclusão do PBD aos processos de projeto identificados;
- discutir algumas experiências do *performance-based design* que sejam potencialmente significativas para futuras aplicações no Brasil.

1.4 Metodologia

Com o propósito de cumprir os objetivos acima descritos, a pesquisa se fundamentou, basicamente, em duas ações: **a pesquisa bibliográfica**, cuja elaboração ocorreu a partir de um extenso levantamento do referencial teórico sobre o tema (estado da arte); e

análise e discussão do processo do PBD, segundo a prática de alguns países, com a intenção de criar elementos para a proposição de uma adequação do PBD aos processos de projeto mais usuais no Brasil.

Os meios disponíveis que viabilizaram toda a pesquisa consistiram:

- na busca eletrônica por meio da *internet*, de onde foi possível captar a maior parte das fontes utilizadas,¹ consistindo em um banco de dados altamente profícuo e eficiente. Este inclui artigos e publicações em jornais científicos, revistas, livros e relatórios técnicos;
- em visitas e pesquisas nos centros de referência nacionais, como na Universidade de São Paulo (USP) e no Instituto de Pesquisas Tecnológicas (IPT), além de valiosas entrevistas com pesquisadores e professores da área acadêmica, representantes do Corpo de Bombeiros do Estado de São Paulo e do Espírito Santo, e com representantes de instituições técnicas ligadas à normalização, como o COBRACON e o Inmetro.

1.5 Revisão bibliográfica

O *performance-based code* (PBC) e o *performance-based design* (PBD), tratados segundo análises econômica, conceitual e técnica, foram o tema da dissertação de Mestrado de Averill (1998). Essa pesquisa aborda em profundidade esses três aspectos: sob o ponto de vista social, a análise econômica dos códigos baseados em desempenho levanta implicações relacionadas com as *externalities* (impactos que não são contabilizados diretamente), com o mercado e com as responsabilidades legais; a análise conceitual apresenta os principais pontos do método; e, por fim, o estudo de casos analisa a aplicação dos conceitos do ICC *Performance-Based Code* em um edifício de escritórios. Com o emprego das soluções ali discutidas, foi possível demonstrar a viabilidade técnico-econômica do sistema, garantindo um nível de segurança com controle de redução dos custos.

Buchanan (1999), um dos pesquisadores mais atuantes da área do PBD, descreve os impactos que a adoção do método geraram na Nova Zelândia a partir de 1993. Com

¹ As fontes obtidas consistiram, em sua maioria, em referências exclusivamente internacionais.

relação aos impactos que a nova estrutura normativa criou, relata que algumas autoridades, responsáveis por aprovar os grandes projetos, precisaram do auxílio de consultorias especializadas e independentes, enquanto, para os projetos menores, a aprovação ocorria internamente. Houve, portanto, necessidade de uma reeducação das autoridades daquele país para se adequar às mudanças do *New Zealand Building Code*. A regulamentação de desempenho também provocou mudanças no resultado da construção: houve uma mudança na ênfase da proteção da edificação em si para uma maior segurança da vida humana e na ênfase da proteção passiva (taxas menores de resistência ao fogo) para um maior incremento nos sistemas de proteção ativa, como detectores de fumaça e de calor, além da larga utilização de chuveiros automáticos. Buchanan (1999) destaca ainda que as maiores mudanças ocorreram na mentalidade e na cultura da comunidade técnica. Antes, a legislação prescritiva era rigorosamente cumprida: suas determinações eram respeitadas e aplicadas. Com a introdução da legislação de desempenho, os argumentos de segurança se voltaram para a segurança dos ocupantes: onde e quando o incêndio poderia ocorrer, quem seria afetado e quais seriam as prováveis conseqüências. A mudança na abordagem da segurança contra incêndio conduziu, portanto, a um aumento do debate sobre as diversas questões pertinentes ao incêndio e à vida humana, com uma diminuição do enfoque teórico prescritivo.

Hadjisophocleous e Benichou (2000) apresentam os resultados de uma pesquisa realizada pelo instituto de pesquisa canadense *National Research Council Canada* (NRC). O artigo em questão trata basicamente de dois aspectos: contextualiza a evolução e a tendência mundial da mudança da regulamentação prescritiva para a regulamentação baseada em desempenho de alguns países, destacando as vantagens e desvantagens dos dois sistemas; e descreve detalhadamente as etapas que compõem o PBD, apresenta faixas de valores para alguns critérios de desempenho utilizados em projetos, além de algumas ferramentas computacionais utilizadas pelo NRC para análise do PBD, como o FiRECAM e o FIERAsystem.

Um dos principais elementos constituintes do método de projeto e dos códigos baseados em desempenho é a definição das metas e objetivos de segurança, pois refletem o consenso das partes envolvidas. Nesse estudo, Fixen (2003) afirma que um dos desafios

em se estabelecer as metas e objetivos é que as incertezas e os riscos são inerentes à análise e, por isso, alerta que a falta de um critério de risco que não seja largamente reconhecido no âmbito construtivo como *aceitável* pode ser o maior obstáculo para o sucesso da implementação do PBD. Mesmo que a determinação do risco de incêndio *aceitável* se aproxime mais de uma questão filosófica do que técnica, o uso do critério de risco parece ser muito complicado.² Enquanto o risco geralmente é compreendido em um nível abstrato, a quantificação desse risco e seu uso como um critério de projeto nem sempre é fácil ou intuitivamente entendido. Além disso, muitas autoridades públicas relutam em entrar em um consenso sobre *o que é aceitável* e os profissionais divergem sobre o critério adotado. Por essa razão, Fixen (2003) sugere que uma das abordagens para se alcançar um consenso dos envolvidos sobre os riscos aceitáveis seria estabelecer uma base comparativa, ou seja, uma forma de quantificar o risco aceitável por meio de um padrão de referência do risco (*benchmarking*). Essa quantificação poderia ser feita por meio de dados históricos e utilização de banco de dados sobre incêndios e suas conseqüências. O estudo também apresenta uma aplicação com base nessa estratégia de *benchmarking*.

O artigo de McBride e Haysom (2004) destaca a conversão dos códigos nacionais canadenses de construção, incêndio e instalações para o formato baseado em objetivos (com previsão de vigorar em 2005). A discussão refere-se a atualizações desses códigos que ocorrem regularmente a cada cinco anos, em função dos avanços das novas tecnologias, materiais e métodos construtivos. O artigo discute a realidade do Canadá, que busca um modelo de normas calcadas em pontos que vão além dos parâmetros adotados nos códigos de desempenho. Há uma certa indagação e mesmo uma incerteza sobre a experiência de outros países que adotaram o PBD com relação à falta de métodos quantificáveis para se determinar se as metas qualitativas teriam sido alcançadas. Em função disso, o teor dos códigos baseados em objetivos passam a conter informações adicionais sobre os objetivos das normas, sua função, os objetivos específicos de cada cláusula e a que circunstâncias elas se aplicam. O intuito seria o de não criar uma incerteza naquele país, mas o de conservar uma mistura de exigências

² Meacham (2004) afirma que não há um consenso sobre a definição de risco devido à fragmentação do campo de análise, na área da saúde, segurança, econômica ou política. Particularmente, a Engenharia trata o risco como um valor numérico, função da probabilidade e suas conseqüências.

prescritivas e de desempenho nas normas baseadas em objetivos. O artigo destaca ainda que nem os responsáveis que elaboram as normas canadenses nem os de outros países detêm informações suficientes para elaborarem verdadeiras normas de desempenho. Da mesma forma que no método de desempenho, as soluções aceitáveis e as soluções alternativas devem ser garantidas pela conformidade com os objetivos e determinações da nova norma.

1.6 Estrutura da dissertação

A pesquisa está estruturada em seis capítulos conforme descrito a seguir:

Capítulo 1 – introdução, contendo a contextualização do tema, sua justificativa, seus objetivos, metodologia, revisão bibliográfica e estrutura adotada;

Capítulo 2 – apresentação do método de projeto baseado em desempenho, focalizando o resgate histórico e o processo evolutivo dos países pioneiros desde a década de 70 à atualidade, bem como os principais aspectos conceituais do método e do processo de projeto, em particular;

Capítulo 3 – destaque à normalização brasileira em seus aspectos gerais e a análise de prescritividade, com descrição da metodologia adotada e detalhamento da análise. Características dos modelos de norma prescritiva e de desempenho também são destacadas;

Capítulo 4 – apresentação da relação entre segurança contra incêndio e as implicações ao longo do processo de projeto e na interface arquitetônica. São identificadas as principais características do processo tradicional e simultâneo e apresentada uma proposta de inclusão dos conceitos do PBD levantados na pesquisa nesses processos de projeto;

Capítulo 5 – apresentação de três exemplos que ilustram a aplicação do PBD em diferentes contextos;

Capítulo 6 – considerações e proposições finais.

O PROJETO DE SEGURANÇA CONTRA INCÊNDIO BASEADO EM DESEMPENHO – *PERFORMANCE-BASED DESIGN*

Não há um método tão definido para avaliar a segurança da vida humana sob a condição de incêndio em um edifício. A segurança da vida humana é um conceito e não uma fórmula que identifique ou garanta que o edifício seja seguro contra um incêndio (JOHN WATTS).

2.1 Introdução: resgate histórico

Atualmente, vários países do mundo centralizam esforços no debate sobre o sistema *performance-based*.³ Há uma crescente investigação relacionada com esse assunto, de forma que revistas especializadas sobre incêndio, publicações técnicas, conferências, seminários e congressos específicos⁴ sobre o *performance-based design* sinalizam a relevância do tema e apontam a necessidade da consolidação do sistema, em frente aos desafios da Engenharia de Segurança contra Incêndio no século XXI.

A origem desse movimento coincidiu com a emergência da Engenharia de Segurança contra Incêndio (ou Engenharia de Incêndio) na metade do século 20, como um campo de pesquisa e com a subsequente introdução das ferramentas de projeto e cálculo⁵ com ela relacionadas. Ou seja, os avanços tecnológicos da Engenharia de Segurança contra Incêndio, o desenvolvimento de métodos analíticos e das ferramentas computacionais contribuíram fortemente para a evolução do PBD. Mais precisamente na década de 70, alguns grupos de pesquisadores da área da Engenharia de Incêndio iniciaram uma

³ O sistema *performance-based* é composto por uma estrutura própria: normalização, metodologia de processo de projeto e ferramentas de projeto e cálculo (BECK, 1997).

⁴ Atualmente, destaca-se uma série de eventos ligados ao PBD, como seminários, conferências e congressos. Dentre os eventos internacionais mais recentes, estão: 5ª Conferência Internacional sobre *Performance-Based Codes* e Métodos de Projeto de Segurança contra Incêndio, realizada em outubro de 2004, em Luxemburgo; e 3º Simpósio Internacional sobre Comportamento Humano em Situações de Incêndio, em setembro de 2004, Reino Unido.

⁵ Técnicas de análise determinística e de análise probabilística, aplicação da teoria da dinâmica do fogo, modelagem determinística e probabilística dos efeitos do incêndio, análise do comportamento humano e modelagem dos efeitos tóxicos são algumas ferramentas da Engenharia de Incêndio utilizadas na análise do projeto de segurança contra incêndio baseado em desempenho (SFPE, 2000).

investigação sobre o projeto da segurança contra incêndio baseado em desempenho como uma forma alternativa ao sistema prescritivo, em vigor naquele momento.

Seria interessante, então, discutir os possíveis motivos que despertaram o interesse para formas e métodos de quantificar, analisar, descrever e avaliar o desempenho das soluções de segurança contra incêndio.

Segundo Meacham (1999, p. 60), “[...] o movimento para a análise e o projeto baseado em desempenho é parte natural da evolução da disciplina da Engenharia de Segurança contra Incêndio”.⁶ Na visão de Beck (1997), existem três principais razões para a introdução dos conceitos do *performance-based design*: promover inovações, implementar projetos que atendam à relação de custo/eficiência e estimular a normalização de aplicação internacional.

Dessa forma, o caminho trilhado pela Engenharia de Segurança contra Incêndio e pela Engenharia Estrutural mostra que a base para a construção do conhecimento consistia no entendimento sobre como materiais, sistemas e a própria construção funcionavam segundo determinadas condições. Pode-se dizer, portanto, ser o início para o desenvolvimento da análise baseada em desempenho (MEACHAM, 1999).

Ao longo de vários séculos, as estruturas eram construídas com materiais encontrados facilmente na própria natureza e os construtores da época os conheciam fisicamente, suas limitações e sabiam como utilizá-los (Figura 2.1).

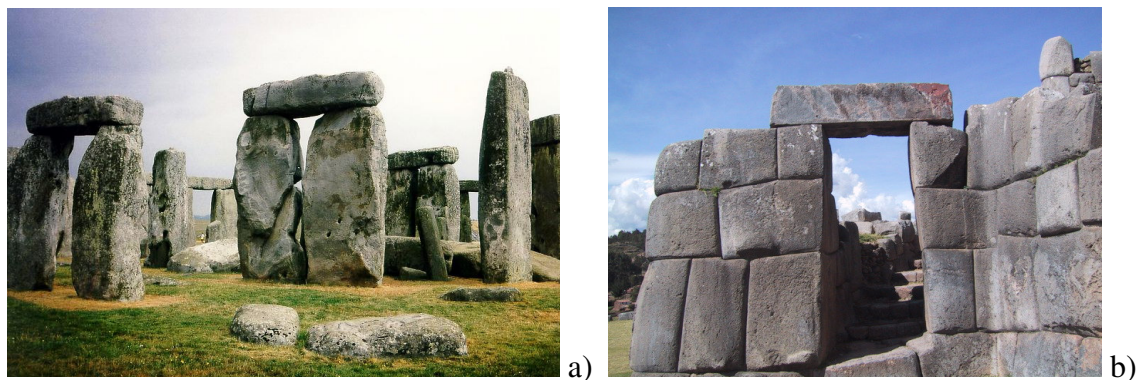


Figura 2.1 Capacidade empírica de construção com o uso de materiais encontrados na natureza
Fonte: a) Disponível em: <<http://danielarndt.com/photos/photo.php?id=19950304>>. Acesso em: 20 mar. 2005; b) Disponível em: <http://www.spiny.com/ladd/peru_2002_06/Pages/Image88.html>. Acesso em: 20 mar. 2005

⁶ As citações diretas internacionais foram feitas pela autora desta dissertação.

Como resultado, as estruturas excediam sua capacidade de resistência ao mesmo tempo em que as peças estruturais eram limitadas, devido ao fato de não haver o conhecimento técnico desses materiais e das forças que agiam nas estruturas (Figura 2.2). Não havia, portanto, ferramentas de análise para entender e avaliar o funcionamento estrutural.

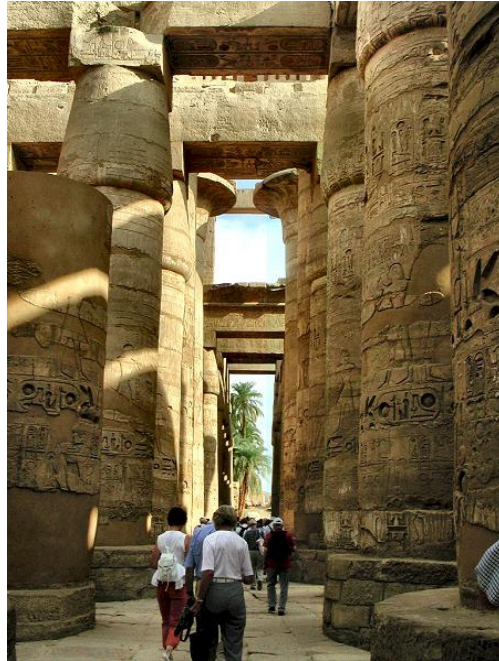


Figura 2.2 Capacidade excedente de resistência estrutural

Fonte: Disponível em: <<http://www.sights-and-culture.com/Egypt/karnak-hypostyle-hall-7080.html>>. Acesso em: 20 mar. 2005

Somente no início do século XVII, com Newton e Hooke e, posteriormente, no início do século XIX, com Euler e Young, houve a formação e o desenvolvimento da base científica sobre as propriedades dos materiais e a relação com a atuação de ações externas (Figura 2.3). Na metade do século XIX e início do século XX, alguns avanços no conhecimento científico e sua aplicação na prática levaram à utilização de outros materiais, como a introdução do concreto armado e da estrutura metálica.

Percebe-se a contínua evolução do conhecimento aplicado à Engenharia. Entretanto, apesar do entendimento sobre as ações e a resistência dos materiais, não havia o domínio sobre as incertezas. Dessa forma, as estruturas eram construídas com uma resistência muito maior (cerca de 7 ou 8 vezes) do que realmente precisava ter. Essa *folga* estrutural é conhecida hoje como fator de segurança.

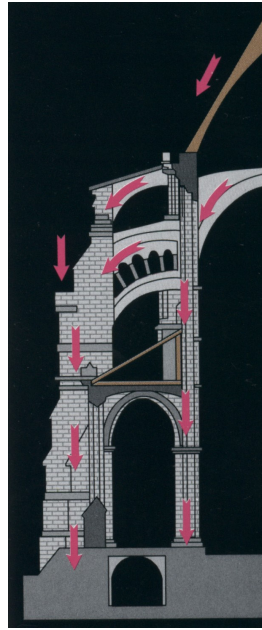


Figura 2.3 Atuação de forças na estrutura

Fonte: National..., 1992

Já no século XX, com o aprimoramento dos métodos de cálculo, esses fatores foram reduzidos e, atualmente, a Engenharia Estrutural sofreu um refinamento ainda maior com o objetivo de produzir estruturas mais esbeltas, economicamente viáveis e com um grau de segurança compatível com a absorção das incertezas.

Assim, como na Engenharia Estrutural, a Evolução da Engenharia de Segurança contra Incêndio também foi marcada pela busca contínua do conhecimento, superando as dificuldades inerentes (incertezas e aleatoriedade) a um sistema complexo, mas extremamente importante para a manutenção da segurança no processo de ocupação de uma edificação.

Nesse sentido, a partir do momento em que as pessoas começam a construir e a habitar, a segurança contra incêndio se torna uma preocupação constante. Com o crescimento das cidades, a ameaça real da deflagração dos incêndios torna-se alta, como foi o *The Great Fire*, em Londres, 1666, um marco na história da segurança contra incêndio. A partir desse devastador incidente, medidas significativas foram tomadas para minimizar a probabilidade de ocorrência de incêndio como aquele. Essas providências formaram as primeiras regulamentações da segurança contra incêndio, que posteriormente se tornariam precursoras das modernas normas de segurança contra incêndio.

Na metade do século XIX, importantes fatores, como a Revolução Industrial, avanços em áreas do conhecimento científico, como na Engenharia Estrutural e Mecânica, além do aumento da migração para áreas urbanas, contribuíram para gerar novos desafios para a tecnologia de segurança contra incêndio. Esses fatores foram decisivos, pois levaram ao grande número de perdas de vidas humanas e prejuízos patrimoniais, caracterizando o início do século XX.

De modo geral, até o início do século XX, diferentemente da Engenharia Estrutural, não houve grandes mudanças nos métodos científicos de combate aos incêndios, nem um conhecimento técnico mais avançado sobre as questões de segurança foi desenvolvido para acompanhar esses desafios, de forma que as pessoas se guiavam pelas experiências.

Nesse momento, a reação ao problema do incêndio ainda não havia sido motivada por questões de ordem técnica ou pelas necessidades impostas pela Engenharia, mas sim pela enorme pressão da sociedade, exigindo um controle a partir de normas reguladoras e, por outro lado, pelas companhias seguradoras, pressionando devido aos prejuízos econômicos.

Diante desse quadro e principalmente devido ao alto número de perdas de vidas humanas, vários códigos sobre incêndio foram desenvolvidos nos EUA, por exemplo: NFPA 13 (1896) – Instalação de sistemas de *sprinklers* (1ª edição); NFPA *Committee on Safety to Life* – 1913 e *Uniform Building Code* – 1927 (MEACHAM, 1999). Essas regulamentações eram de natureza prescritiva e identificavam *o que, onde e como* determinados **sistemas** deveriam ser instalados, com pouca ou nenhuma ênfase sobre **como o edifício** deveria funcionar globalmente.

A motivação para a criação e o desenvolvimento das normas de segurança contra incêndio e para o desenvolvimento de estratégias e tecnologias para reduzir os impactos negativos dos incêndios conduziu, mesmo tardiamente (início do século XX), ao início de uma fase de investigação científica do incêndio e das propriedades dos materiais em frente ao fogo.

Dessa forma, nos anos seguintes, houve um incremento nas pesquisas científicas associadas à segurança contra incêndio, bem como ao aprofundamento sobre os

fenômenos com ele relacionados, ao desempenho dos materiais e ao impacto do incêndio sobre as pessoas, patrimônio, atividades e meio ambiente.

Essa combinação das pesquisas e das experiências negativas relacionadas com as perdas aumentou o conhecimento técnico sobre o evento incêndio e seus impactos, fazendo com que os pesquisadores e profissionais da área percebessem que os efeitos dos incêndios poderiam ser estimados e avaliados em função de parâmetros, como a densidade da carga de incêndio, o fator de ventilação, entre outros.

Esse fato abriu precedente para que a Engenharia de Segurança contra Incêndio investisse, a partir de então, nos métodos de avaliação do incêndio e suas conseqüências, ao invés de simplesmente decretar medidas paliativas contra os incêndios. Para isso, foi preciso o apoio da área científica quanto às coletas de dados e suas correlações, métodos analíticos e modelos que determinassem a origem, o desenvolvimento e a propagação dos incêndios e dos possíveis impactos sobre os usuários e o meio ambiente.

Atualmente, os avanços da moderna tecnologia computacional permitem o desenvolvimento de complexos modelamentos de incêndio e de ferramentas de projeto, tornando os métodos de análise mais seguros e precisos.

Diante disso, a história da Engenharia de Segurança contra Incêndio aponta, de certo modo, uma evolução tardia em relação aos avanços da Engenharia Estrutural. Nesse contexto, o sistema *performance-based* consiste em uma abordagem ainda mais recente da Engenharia de Segurança contra Incêndio.

Certamente, a Engenharia de Segurança contra Incêndio possui ainda um campo de pesquisa extremamente amplo a ser explorado. Mesmo assim, todo o conhecimento disponível acumulado nesse curto espaço de tempo (século XIX até hoje) fez com que os maiores progressos das pesquisas sobre incêndio, principalmente nas últimas décadas do século XX, tornassem possível tratar o incêndio como um fenômeno governado pelas mesmas leis da natureza (assim como outros fenômenos físicos e químicos), entender sua relação com o ambiente construído e desenvolver uma base tecnológica compatível com os desafios da segurança contra incêndio (CIB269, 2001).

2.2 Evolução do sistema *performance-based* no panorama internacional

Um breve panorama sobre o processo da implantação do sistema *performance-based* em âmbito internacional fornece parâmetros para uma melhor compreensão do que vem a ser esse sistema, seus conceitos, vantagens e desvantagens. Conhecer a experiência de alguns países é entender a mudança e a reorientação que vêm ocorrendo na estrutura normativa mundial da segurança contra incêndio.

De modo geral, o processo evolutivo dos conceitos do sistema baseado em desempenho, dentro do curto espaço de tempo de apenas quatro décadas, demonstra um surpreendente avanço (Figura 2.4).

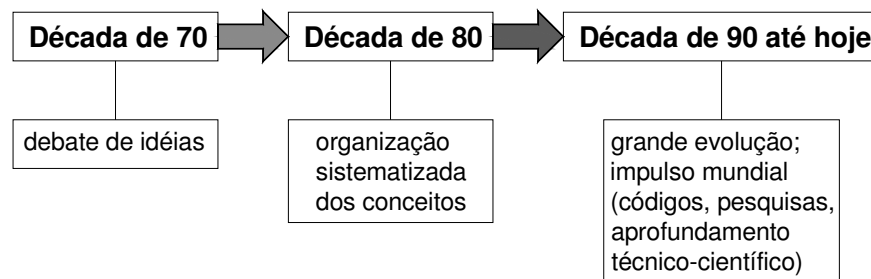


Figura 2.4 Processo evolutivo do sistema *performance-based*

Esses avanços, ocorrendo em algumas áreas, como tecnologia da dinâmica do incêndio, desenvolvimento dos sistemas de segurança e das ferramentas de análise, conduzem a mudanças profundas em toda a cadeia da Engenharia de Segurança contra Incêndio. São mudanças tecnológicas que os códigos de construção e de incêndio começam a reconhecer para incorporar e aplicar esses novos conhecimentos.

Os conceitos da regulamentação baseada em desempenho e a abordagem da Engenharia de Segurança contra Incêndio existem há alguns anos. Regulamentações voltadas para o desempenho são percebidas já na década de 80, na Inglaterra, Japão e Austrália. Na verdade, esses primeiros conceitos da abordagem e da regulamentação baseada em desempenho não mudaram na sua essência desde que foram introduzidos, no início da década de 70. A possibilidade de minimizar a abordagem prescritiva e de maximizar a flexibilidade do projeto nas regulamentações tornou-se foco de crescente interesse de vários países (MEACHAM, 1998).

De acordo com Meacham (1998), em 1996, havia treze países (Austrália, Canadá, Finlândia, França, Reino Unido, Japão, Holanda, Nova Zelândia, Noruega, Polônia, Espanha, Suécia e EUA) e duas organizações internacionais (*International Organization for Standardization* – ISO e *International Council for Research and Innovation in Building and Construction* – CIB) envolvidos na utilização ou no desenvolvimento de metodologias de projeto, ferramentas de análise ou na normalização baseada em desempenho.

Durante a década de 70, uma série de eventos marcou o início dos estudos voltados para a área de segurança de incêndio e a abordagem de desempenho, inicialmente nos Estados Unidos e, na segunda metade da década, no Canadá, Austrália e Japão. Nesse momento, a tendência global era a mudança do pensamento representante da abordagem prescritiva, isto é, o *estar de acordo com a norma* ou o *não estar de acordo com a norma* para um enfoque no sistema do edifício como um todo, ou seja, fazer com que o edifício funcione com segurança. A idéia principal focalizava a segurança contra incêndio de forma sistêmica. Defendia-se que os engenheiros deveriam considerar o edifício e o incêndio como componentes integrantes de um sistema único e que a avaliação ou o projeto dos componentes individuais, sem considerar o sistema como um todo, poderia resultar em graves consequências (MEACHAM, 1998).

2.2.1 Década de 70

A década de 70 foi um período caracterizado pelo debate de idéias e pela produção de uma base técnica – publicações, documentos técnicos e modelos de avaliação de risco que pré-delineavam uma provável estrutura PBD. Os quatro resultados importantes desse momento foram (MEACHAM 1998):

a) **Appendix D** – desenvolvido em 1972, consistia em um guia de referência que demonstrava um sistema de segurança contra incêndio orientado por metas, cujas características principais consistiam em:

- conceito do risco relativo (admitia-se que a ausência do risco não seria possível);
- definição das metas de acordo com o contexto dos níveis aceitáveis de risco;
- componentes viáveis de um sistema de segurança contra incêndio que pudessem ser adaptados em qualquer construção;

- definição de uma *árvore de eventos lógicos*, que expressava a relação entre os diferentes componentes do sistema;
- método de cálculo capaz de comparar o desempenho de um sistema alternativo de segurança contra incêndio;
- uso da probabilidade para descrever o desempenho da segurança contra incêndio.

Um resultado direto desse documento foi o *Fire Safety Concepts Tree* (1973), um esquema produzido pelo *National Fire Protection Association Technical Committee* que está presente em uma versão final na norma americana NFPA550, *Guide to the Fire Safety Concepts Tree*. Essa árvore de conceitos relaciona os vários componentes da segurança contra incêndio em uma edificação. A Figura 2.5 ilustra uma parte desse sistema, relacionada com a prevenção da deflagração do incêndio.



Figura 2.5 Um dos componentes da árvore de conceitos da segurança contra incêndio: evitar a deflagração do incêndio

Fonte: Meacham, 1998

Os conceitos estudados até esse momento serviram de base para um aprofundamento ainda maior da segurança contra incêndio, com o desenvolvimento de outras duas metodologias: o BFSEM e o FSES, ambas a partir do *Appendix D*.

b) The Building Fire Safety Evaluation Method (BFSEM) – consistia em um método que orientava a avaliação de como o incêndio poderia se desenvolver e se propagar. Com ele, era possível avaliar a probabilidade da ignição, crescimento e propagação do

incêndio e das chamas, além de controlar a carga de incêndio, características da ocupação, características dos sistemas de proteção (detecção e extinção manual ou automática). Outros fatores também eram avaliados, como a integridade das barreiras físicas e segurança dos ocupantes.

A avaliação do desempenho de um edifício passava, então, pelas áreas da prevenção, análise do calor/incêndio, fumaça/gás, análise estrutural e análise do comportamento humano. Uma das características desse método consistia em que diferentes projetos poderiam ser comparados segundo esses mesmos parâmetros. A probabilidade era atribuída de forma subjetiva, calcada na experiência e análise pessoal do profissional ou, quando disponíveis, em dados estatísticos para estimar a ocorrência dos eventos.

c) *Fire Safety Evaluation System (FSES)* – utilizado em conjunto com a norma americana NFPA 101A: *Guide on Alternative Approaches to Life Safety*, esse documento fornecia dados para determinar equivalências à norma NFPA 101 *Life Safety Code* e era aplicado em edifícios institucionais (hospitais e presídios). Ele consistia em uma contagem de pontos para determinados parâmetros de segurança contra incêndio. Eram positivos se as características reforçassem a segurança, e negativos se houvesse descumprimento dos aspectos da segurança, quando na avaliação de uma edificação. A verificação era feita confrontando tais resultados com os valores definidos na NFPA 101A, certificando-se sobre um valor mínimo necessário para cada parâmetro. Dependendo da ocupação, os parâmetros a serem considerados incluíam: controle do incêndio, escape e movimentação das pessoas, extinção, refúgio e segurança geral.

Os valores estipulados aos parâmetros que serviam de referência à avaliação não eram baseados em dados estatísticos ou científicos, mas sim na experiência e na opinião dos profissionais da área de incêndio. Em função dessa subjetividade, os valores não deveriam servir de base para comparação ou utilização em outras normas (MEACHAM, 1999).

Esse método não poderia ser considerado como um sistema de desempenho, pois o nível de desempenho era sugerido e não uma medida calculada.

d) Método para avaliação do risco – Vaughan Beck desenvolveu, em 1979, um estudo mais tradicional sobre avaliação do risco fundamentado na análise probabilística⁷ (MEACHAM, 1998). O modelo em questão (Figura 2.6) tinha como objetivos: identificar que soluções de projeto de melhor relação custo/benefício atendiam a um nível aceitável de segurança contra incêndio para os ocupantes (estimava-se o nível de risco para cada edifício) e avaliar o desempenho da segurança contra incêndio sob dois parâmetros:

- **risco de vida** (*The Expected Risk to Life* - ERL) – número de mortes prováveis durante a vida útil da edificação, dividido pela sua população total;
- **expectativa do custo relacionado com o incêndio** (*Fire Cost Expectation* - FCE) – levantamento dos custos envolvidos com os sistemas de proteção (ativos e passivos), com a manutenção e as prováveis perdas causadas pelo evento.

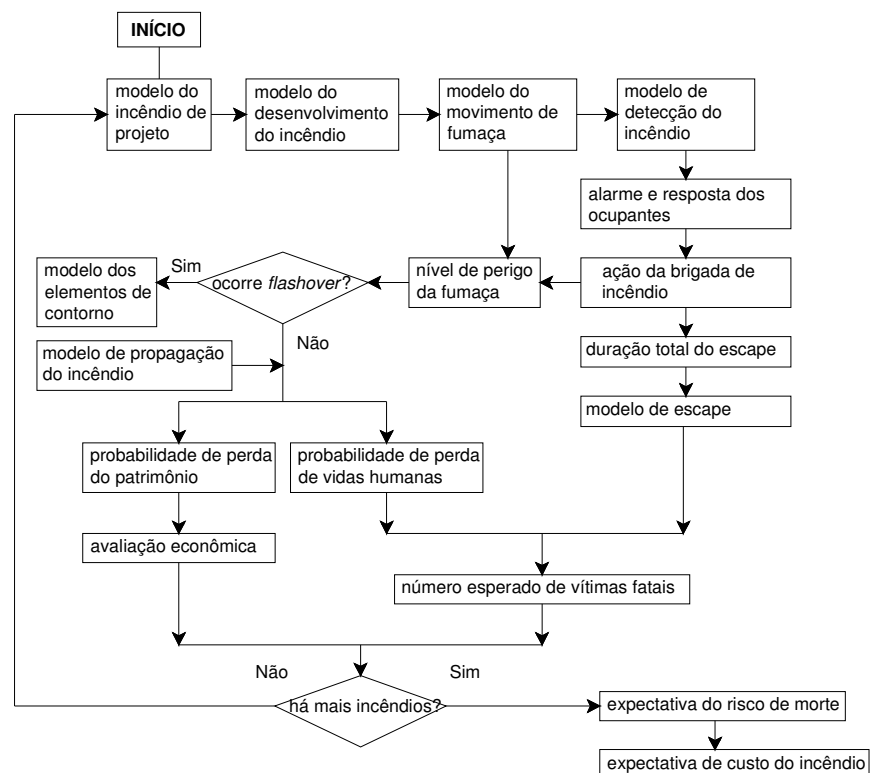


Figura 2.6 Esquema do método de avaliação do risco idealizado por Beck

Fonte: Meacham, 1998

⁷ A análise probabilística envolve a aleatoriedade de uma determinada sequência de observações, em que uma delas é considerada como uma amostra de um elemento de uma distribuição de probabilidade. Por exemplo, a velocidade de propagação da chama, o desenvolvimento do incêndio e a resposta individual dos sinais de alarme são exemplos das variáveis que podem ser consideradas estatísticas por natureza (MEACHAM, 1998).

Para calcular os valores desses dois parâmetros, o modelo considerava a interação entre o desenvolvimento e a propagação do incêndio, o movimento de fumaça, o comportamento humano, a resposta dos sistemas instalados e a resposta da brigada.

O modelo era indicado para avaliações comparativas e não absolutas, devido à complexidade e à insuficiência de alguns dados, fornecendo um resultado aproximado.

2.2.2 Década de 80

Enquanto a década de 70 representou uma prospecção acerca dos conceitos e metodologias relacionados com o sistema baseado em desempenho, na década de 80, configurou-se uma consolidação e uma organização mais sistematizada dessas idéias, bem como houve o aprimoramento das ferramentas e do conhecimento técnico. Destacam-se os eventos mais significativos que ocorreram em alguns países:

Reino Unido

O incêndio de Londres, ocorrido em 1666, marcou fortemente a natureza das normas em vigor, as quais se preocupavam em apenas limitar a propagação do incêndio entre as edificações e em evitar perdas similares às que haviam ocorrido. As modificações posteriores dessas normas ainda refletiam as conseqüências dos incêndios fatais e também passavam a incorporar as mudanças da tecnologia.

Dessa forma, até 1985, o teor da normalização inglesa era altamente prescritivo e muito restritivo. A partir desse momento, os códigos de construção foram reformulados. Uma nova regulamentação substituíu algumas exigências prescritivas em vigor por exigências funcionais, que compreendiam *Approved Documents* e uma série de normas da *British Standards* (LORD; MARRION, 2003). Esses documentos forneciam diretrizes sobre como determinados componentes ou sistemas deveriam funcionar. Meacham (1998, p. 13) reproduz uma parte da norma *Building Regulations* (reduzida de 307 páginas para apenas 23), que tratava da propagação do incêndio:

Para impedir a propagação do incêndio dentro do edifício, os materiais de acabamento utilizados nas paredes e tetos devem: (a) possuir resistência adequada à propagação de chamas em suas superfícies; (b) possuir taxa de propagação de calor razoável, caso ignizados.

Propagação interna do incêndio na estrutura: o edifício deve ser construído para que, no evento de um incêndio, sua estabilidade seja mantida por um período razoável.

Entretanto, toda essa regulamentação não obteve o êxito esperado, pois, havendo a possibilidade de escolher que métodos utilizar para estar em conformidade com as normas, alguns projetistas preferiam o guia prescritivo ainda disponível, dada a complexidade em se garantir tais métodos. O próprio Poder Público inglês reconhecia que não era sempre possível atender às recomendações daquelas normas.

A comunidade técnica da Engenharia de Incêndio reconhecia esse conflito e, no início de 1990, reformulou essa metodologia para um novo formato que incluía nos projetos o uso dos princípios da Engenharia de Segurança contra Incêndio.

Japão

A estrutura normativa japonesa era similar à do Reino Unido. Desde 1950, o Japão possuía um sistema altamente prescritivo, constituído pelas normas *The Building Standards Law* (BSL), norma geral de construção, e a *Fire Service Law* (FSL), voltada para os sistemas ativos de proteção (LORD; MARRION, 2003).

Em 1982, o *Building Research Institute* (BRI), ligado ao Ministério da Construção, avaliou que as normas em vigor naquele momento inviabilizavam soluções técnicas e econômicas mais realistas. Constatou-se que havia um aumento excessivo nos custos construtivos e que os projetos sofriam muita restrição, o que provocava uma série de desvantagens, como: medidas de segurança contra incêndio insuficientes ou sobrepostas, limitação de flexibilidade do projeto arquitetônico, dificuldade de se avaliar o nível real de segurança e a falta de estímulo para elevar o nível de segurança contra incêndio. Foi desenvolvido um sistema *performance-based design* como alternativa à BSL, porém a ela vinculado. Denominado de *The Total Fire Safety Design System of Buildings*, esse sistema era composto por cinco subsistemas:

- segurança global contra incêndio;
- prevenção da origem e propagação do incêndio;
- controle de fumaça e desocupação;
- resistência ao incêndio;
- segurança contra incêndio em residências.

Para cada subsistema, havia quatro componentes: exigências funcionais, padronização técnica para avaliação, método de avaliação dos fenômenos do incêndio e conceitos dos métodos de teste (MEACHAM, 1998).

Embora esse sistema apresentasse a desvantagem de continuar a ser dependente da norma prescritiva BSL, ele representou um avanço com relação à forma mais abrangente de considerar a segurança contra incêndio nas edificações.

Na década de 90, o Ministério da Construção iniciou uma nova reformulação para corrigir algumas falhas e tornar esse sistema mais independente da BSL.

EUA

Nos EUA, certos eventos na direção do PBD marcaram a década de 80, entretanto não tão profundamente como os do Reino Unido ou Japão.

Além do FSES, um sistema de equivalências à norma NFPA 101, anteriormente discutido, foi desenvolvido: o *FRAMEworks* (1986), resultado de um trabalho conjunto do *National Institute of Standards and Technology* (NIST), da *National Fire Protection Association* (NFPA) e de empresas de consultoria privada. O *FRAMEworks* consistia em um método para quantificar o risco de incêndio em uma determinada situação associado ao uso de certos produtos. Ele avaliava até que ponto a substituição ou a instalação de novos produtos em um dado contexto implicaria maior ou menor risco de morte.

Paralelamente a essa ferramenta, a *Society of Fire Protection Engineers* (SFPE) lançou, em 1988, o que até hoje, com sucessivas atualizações, vem a ser o guia referencial para a Engenharia de Incêndio. O *SFPE Handbook of Fire Protection Engineering* consiste em um manual que abrange os fundamentos da ciência e da Engenharia de Incêndio, com relação à análise e ferramentas de projeto, metodologias, métodos probabilísticos e determinísticos para análise do perigo e do risco de incêndio. Ele se tornou um documento de referência importante para dar suporte ao projeto de segurança contra incêndio baseado em desempenho (MEACHAM, 1998).

2.2.3 Década de 90 até os dias atuais

Na década de 90, ocorreu uma grande evolução no sistema *performance-based*. Houve um impulso mundial para o desenvolvimento da legislação pertinente, das pesquisas relacionadas com os métodos de avaliação, dos princípios da Engenharia aplicados ao PBD e do aprofundamento das questões técnicas e científicas.

Austrália

No final da década de 80 e início da década de 90, por meio do *Australian Warren Centre Fire Safety and Engineering* (Centro Warren de Segurança contra Incêndio e Engenharia), uma série de diretrizes de projeto foi desenvolvida voltada para a análise de como os métodos de avaliação da segurança poderiam ser utilizados. O resultado de todo esse trabalho levou o *Warren Centre* a publicar um relatório que selecionava os setenta projetos mais representativos que associavam a segurança contra incêndio e a tecnologia de Engenharia disponível. Dois resultados importantes foram extraídos desse processo (MEACHAM, 1998):

- a criação de um modelo de avaliação do risco, isto é, uma base para identificar combinações de custo/eficiência para alguns subsistemas da segurança contra incêndio;
- a primeira versão de um regulamento orientado para o desempenho, o *National Building Fire Safety System Code* (NBFSSC), em 1989. O objetivo desse documento era tornar os procedimentos baseados na avaliação do risco mais flexíveis e tecnologicamente mais avançados, de forma que os projetos e as construções pudessem alcançar custo/eficiência compatível com os níveis de segurança determinados nas normas. Essa versão de norma foi um componente importante no desenvolvimento do *Performance Building Code* e do *Fire Engineering Guidelines*, na década de 90.

Todas essas atividades desenvolvidas no sentido de preparar técnica e conceitualmente um sistema *performance-based* iam de encontro ao sistema normativo australiano que, historicamente, herdava uma filosofia prescritiva.

Até a década de 60, cada um dos seis estados e os dois territórios australianos adotavam suas próprias normas de construção, de acordo com suas necessidades. Em 1960, todas

as esferas do Governo reuniram-se para instituir um modelo nacional para a regulamentação técnica das construções, denominada de *Australian Model Uniform Building Code* (AMUBC), que vigorou até os anos 70. Foi somente em 1994 que a *Building Code of Australia* (BCA) foi nacionalmente adotada, embora ainda hoje haja variações na legislação australiana (LORD; MARRION, 2003).

Estando em vigor a BCA, basicamente prescritiva, o NBFSSC e todas as iniciativas de uma possível implementação *performance-based* encontravam resistências e não avançavam.

Entretanto, a comissão responsável pela manutenção da BCA, *Australian Building Codes Board* (ABCB), constituiu, em 1994, o *Fire Code Reform Centre* (FCRC), uma parceria público-privada,⁸ que tinha como objetivo estabelecer uma *nova* BCA, ou seja, uma versão *performance-based* BCA, tendo como principal referência o formato da primeira versão de norma orientada para o desempenho, anteriormente desenvolvida (NBFSSC). Em 1996, foi então publicada a versão *Performance* BCA, que se estruturava da forma mostrada na Figura 2.7 (MEACHAM, 1998).



Figura 2.7 Estrutura hierárquica da primeira norma de desempenho australiana: *Performance* BCA

Fonte: Meacham, 1998

A *performance-based* BCA foi programada para ser adotada progressivamente em toda a Austrália, a partir de 1997. Apesar de eventuais limitações, essa regulamentação representou a iniciativa mais importante no sentido de introduzir os princípios do desempenho em conjunto com a estrutura prescritiva. Ao mesmo tempo em que ela

⁸ A parceria público-privada era formada pelo: governo australiano, indústria e institutos de pesquisa, incluindo as universidades.

induzia a uma rápida mudança cultural, fazia reconhecer a necessidade de considerar as oportunidades e os desafios advindos com essa mudança.

Mesmo sendo uma versão *performance-based* da norma prescritiva BCA, ela fornecia uma estrutura conceitual avançada. Não havia a obrigação em se adotar qualquer material específico, componente, fator de projeto ou método de construção, mas, se isso ocorresse, a alternativa proposta deveria ser devidamente demonstrada, de forma que as exigências de desempenho deveriam estar em conformidade com a BCA (LORD; MARRION, 2003).

Um outro produto significativo do FCRC foi a publicação do *Fire Engineering Guidelines*, em 1996. Consistia em um manual que tinha como objetivo complementar a norma *Performance BCA* com informações sobre a estrutura do processo de projeto de segurança contra incêndio dentro da metodologia PBD e fornecia diretrizes para a aplicação da Engenharia de Incêndio. Foi desenvolvido para que os projetos baseados em desempenho atendessem aos objetivos da segurança contra incêndio, estabelecidos pela *Performance BCA*, além de orientar as soluções aceitáveis e as soluções alternativas de projeto. Os pontos principais desse manual consistiam em (MEACHAM, 1998):

- introdução à metodologia de projeto de segurança contra incêndio baseada em desempenho;
- visão geral do projeto de segurança contra incêndio (análise qualitativa);
- diretrizes sobre o projeto;
- métodos de avaliação;
- relação entre edificação x usuário x aspectos ambientais;
- análise quantitativa do sistema (incluindo seis subsistemas).

Uma diferença significativa entre essa proposta e a do Reino Unido é que o sistema de segurança contra incêndio australiano incluía a avaliação segundo três possíveis critérios de análise (FIRE..., 1996):

- **Nível 1 - Avaliação de equivalência de um componente ou de um subsistema:** essa análise era feita quando se precisava estabelecer a equivalência de um componente ou sistema em relação ao que a norma tinha como orientação;

- **Nível 2 - Avaliação de desempenho do sistema:** executada em uma parte significativa do sistema ou no sistema como um todo. Considerava a interação de dois ou mais subsistemas e era mais complexo do que o nível 1;
- **Nível 3 - Avaliação do risco do sistema:** destinada a edifícios altamente complexos ou inovadores, em que uma análise vasta e sofisticada deveria conduzir a soluções otimizadas. Essa avaliação era baseada em análise probabilística, resultando em soluções que a norma BCA não considerava.

A Austrália conta com organizações privadas, similares à americana NFPA, responsáveis por desenvolver normalizações técnicas específicas que podem ser incorporadas ou adotadas pela legislação vigente. O Governo australiano é responsável por aprovar os projetos, embora recentemente tenha havido mudanças para que a legislação permitisse que as empresas privadas também atuassem na aprovação dos projetos (LORD; MARRION, 2003).

Reino Unido

Na tentativa de minimizar a dificuldade de utilização dos *Approved Documents* e das normas *British Standards*, o *The Building Code* inglês sofreu modificações (1991) para incorporar e permitir o uso de métodos alternativos nos projetos de segurança contra incêndio. Mas, mesmo com as mudanças, muitos ainda relutavam em aceitá-las. Não somente os engenheiros de segurança contra incêndio, mas a autoridade pública também rejeitava a proposta devido à falta de informação e de diretrizes de aplicação (MEACHAM, 1998).

Diante desse impasse, o *British Standards Institute* (BSI) começou a desenvolver uma espécie de código de prática, manual técnico aprofundado, que promoveria o uso dos princípios da Engenharia de Segurança contra Incêndio.

Nos anos subsequentes a esse trabalho, em 1997, o próprio BSI desenvolveu a DD240 – *Fire Safety Engineering in Buildings*. Mesmo sendo uma primeira versão, esse documento se preocupou em levantar o estado-da-arte da segurança contra incêndio até aquele momento, além de descrever as interações dos vários sistemas de segurança contra incêndio: detecção e propagação de fumaça e incêndio, desenvolvimento e supressão do incêndio e desocupação dos ocupantes (MEACHAM, 1999).

É interessante notar que o Poder Público local é responsável pela aprovação do projeto, entretanto, paralelamente, a aprovação pode também ser obtida por uma espécie de consultoria privada, os *Approved Inspectors*. Esse grupo é avaliado pelo Governo, que exige que eles sejam tecnicamente competentes e comercialmente independentes do projeto (LORD; MARRION, 2003).

Nova Zelândia

De acordo com Buchanan (1994), durante trinta anos, a Nova Zelândia tratou a questão do incêndio nas edificações segundo uma legislação prescritiva, que apenas especificava determinadas exigências para a resistência da construção e para rotas de fuga, de modo que os objetivos não eram definidos e era muito difícil aplicá-las em situações incomuns. O interesse pela implantação do PBD e para a regulamentação voltada para o desempenho ocorreu no final da década de 80 e início da década de 90.

Somente em 1991, a norma *The Building Act* foi adotada, condensando e reestruturando uma série de legislações anteriores. Consistia em uma norma de construção voltada para a regulamentação de desempenho, principalmente com relação aos aspectos legais para sua implementação (BUKOWSKI; BABRAUSKAS, 1994). A partir de então, todas as novas construções deviam se adequar ao *Building Code*.

As principais preocupações da *Building Act* eram com a saúde e a segurança dos ocupantes, com a estabilidade estrutural, o acesso, a segurança dos usuários, a manutenção dos serviços e das instalações. Em segundo lugar, a atenção voltava-se para as instalações elétricas, o acesso livre ao combate do incêndio e a prevenção da propagação do incêndio para outros edifícios.

Em 1992, a *The Building Act* foi finalmente complementada pela norma *New Zealand Building Code* (NZBC). Também denominada de *Building Code*, consistia em uma norma *performance-based* e identificava quatro categorias de critérios de segurança contra incêndio (BUCHANAN, 1994):

- origem do incêndio;
- rotas de fuga;
- propagação do incêndio;
- estabilidade estrutural durante o incêndio.

Para cada uma dessas quatro categorias, a NZBC definia três terminologias relacionadas com níveis de exigências: objetivo geral, exigências funcionais e critérios de desempenho.

Esse conceito apresentado pela NZBC fornecia uma estrutura para mensurar o desempenho dos níveis de segurança, mas não determinava os meios para quantificá-los. Para alcançar os três níveis de exigências, a norma orientava que a conformidade deveria ser alcançada por meio de três procedimentos (BUCHANAN, 1994; BUCHANAN, 1999):

- **método de verificação** – consistia em métodos de cálculo, mas, como eles não existiam na época, uma solução aceitável deveria ser usada;
- **solução aceitável** – solução equivalente às determinações prescritivas; era aplicada em edifícios cuja carga de incêndio não excedesse a 1500MJ/m^2 ;
- **solução alternativa** – aplicada em edificações de arquitetura completamente inovadora, ou cuja carga de incêndio excedesse a 1500MJ/m^2 , e que não se enquadravam nas soluções tradicionais, sendo preciso um projeto específico.

Como a NZBC não fornecia meios de quantificar os níveis de segurança, os projetistas precisavam de se orientar pela experiência própria, treinamento e análise técnica. Isso se tornou um ponto de preocupação e discussão entre os profissionais da área, exatamente pela pouca experiência da Nova Zelândia na área de Engenharia de Incêndio.

Reconhecendo essa necessidade, foi publicado, em 1994, o *Fire Engineering Design Guide*, um manual técnico que fornecia diretrizes de projeto de segurança contra incêndio. Constava de informações sobre procedimento de projeto, comportamento do incêndio nas fases pré e pós-*flashover*, modelagem computacional, rotas de escape, sistemas ativos de proteção e de outras informações específicas para que o projeto atendesse às exigências de desempenho pela NZBC (Figura 2.8). Esse documento foi o resultado de todas as partes interessadas: representantes dos bombeiros, associação de pesquisa, instituto dos engenheiros de incêndio, universidades, representantes da indústria de materiais de construção, companhias de seguro, indústria de proteção contra incêndio e consultores de Engenharia de Incêndio.

Por outro lado, esse manual não contemplava alguns aspectos importantes, como a definição dos cenários de incêndio, incêndios de projeto e fatores de segurança, sensibilidade e confiabilidade dos dispositivos de detecção.

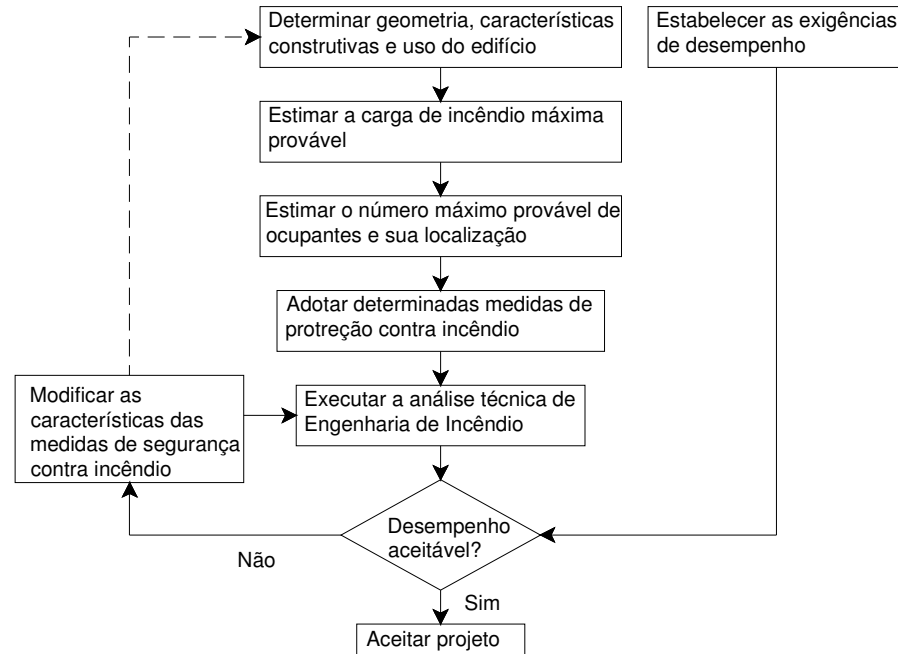


Figura 2.8 Procedimento de projeto sugerido pelo *Fire Engineering Design Guide*
Fonte: Buchanan, 1994

Buchanan (1999) salienta ainda que toda essa renovação da legislação e das normas conduziu a uma mudança significativa na forma como os problemas de segurança contra incêndio deviam ser considerados, ocorrendo um aumento no conhecimento sobre comportamento do incêndio, tanto dos projetistas, como do Poder Público e de todos os profissionais da área de incêndio. Com isso, percebeu-se uma “[...] mudança na cultura da segurança contra incêndio, no sentido do aumento do debate sobre questões do incêndio e menos argumentações teóricas” (BUCHANAN, 1999, p. 381).

Canadá

O início da formação do sistema normativo canadense ocorreu em 1937. A primeira edição da norma nacional para construção, a *National Building Code*, foi em 1941 (LORD; MARRION, 2003). Até a metade da década de 90, a legislação canadense de construção e de incêndio era essencialmente prescritiva e dividida em três níveis: a norma nacional, a *National Building Code* no topo; as regulamentações das províncias em um

nível intermediário e as normas direcionadas para o âmbito municipal em um 3º nível. A comissão canadense responsável pelas construções, *Canadian Commission on Building and Fire Codes* (CCBFC), concluiu que essa estrutura aumentava a complexidade de utilização e gerava um impacto negativo, dado os altos custos produzidos (MEACHAM, 1998).

O Canadá possui uma postura estratégica interessante com relação ao sistema normativo: a CCBFC é responsável por desenvolver e manter as normas de incêndio e construção, enquanto a adoção e a aplicação dessas normas é de responsabilidade da autoridade pública, sendo todas as normas atualizadas a cada cinco anos. A atualização é uma tentativa de tornar as normas competitivas e coerentes com a realidade e as necessidades do mercado (inclusão de novas tecnologias, materiais e métodos de construção).

Diante desse quadro, o planejamento estratégico ocorrido em 1995, preparado pela CCBFC, reconheceu a importância da regulamentação das normas aplicadas no país dentro da economia canadense e do contexto internacionalmente competitivo e estabeleceu diretrizes para as normas: *National Building Code*, *National Fire Code* e *National Plumbing Code*, seguindo orientações baseadas em objetivos (*objective-based*).

Essas normas já possuíam provisões de equivalência, permitiam uso de equipamentos, materiais, sistemas, métodos de projeto ou procedimentos de construção que não eram especificados. Caso uma proposta alternativa viesse a ser feita, o profissional deveria demonstrar que ela possuía níveis de desempenho equivalentes aos exigidos por aquelas normas.

Na essência, esse novo formato baseado em objetivos é muito semelhante ao PBD, com um enfoque mais direcionado quanto às definições dos objetivos, que deveriam ser mais explícitos. Essa nova modalidade mantém a mistura das exigências de desempenho (critérios de desempenho) com as exigências prescritivas (soluções aceitáveis).

A visão canadense questiona o conceito do PBD no sentido de que este não fornece métodos quantificáveis para verificar se as metas de desempenho qualitativas são realmente alcançadas (McBRIDE; HAYSON, 2004). Na proposta baseada em objetivos,

cada objetivo é definido na forma de uma hierarquia de exigências englobando objetivos principais, objetivos específicos e exigências funcionais específicas.

Na verdade, a leitura canadense para o formato *objective-based* consiste em uma variação do sistema *performance-based*, buscando incluir um nível de precisão um pouco mais definido, já que, em última instância, os critérios de segurança também devem ser submetidos à análise quantitativa, da mesma forma que o PBD.

A proposta da comissão canadense de normas da *National Research Council Canada* (NRC) é publicar as edições baseadas em objetivos das normas de construção (*National Building Code*), incêndio (*National Fire Code*) e de instalações (*National Plumbing Code*) em 2005 (McBRIDE; HAYSON, 2004).

Outro passo para o desenvolvimento de ferramentas de avaliação na área da Engenharia de Segurança contra Incêndio foi a criação do programa *FIRECAM*, desenvolvido no final de 1990, em parceria do *National Research Council Canada*, *National Fire Laboratory*, do Canadá e da *Victoria University of Technology*, da Austrália. Essa ferramenta avalia o risco de morte e os prováveis custos para proteção do imóvel e das perdas patrimoniais.

Embora não fosse um *software* específico para o PBD, ele poderia ser utilizado para algumas avaliações e para comparar os riscos de morte relativos e os custos de proteção alternativos, desenvolvidos segundo normas prescritivas.

Suécia

Regulamentações prescritivas voltadas para a área de incêndio já eram conhecidas na Suécia, desde 1874, quando vários incêndios devastadores ocorreram em áreas densamente povoadas. Segundo Lord e Marrion (2003, p. 22), essa legislação se apoiava na premissa de que “[...] ‘se um incêndio acidentalmente acabasse com sua residência, não seria tão ruim como queimar a casa do seu vizinho’ [...]”. Ou seja, o senso de igualdade de todos prevalecia fundamentando a regulamentação de segurança contra incêndio.

O conjunto de normas prescritivas passou gradativamente por várias revisões até que, em 1994, uma norma parcialmente *performance-based* foi publicada pelo *National Board of Housing Building and Planning*, a BBR94.

Essa norma continha dois manuais que forneciam métodos, ferramentas e procedimentos admissíveis para projeto e cálculo – o *Fire Safety Engineering Guidelines* e o *Guidelines on Fire Safety Design of HVAC Systems*.

Na Suécia, a normalização prescritiva ainda é utilizada na maioria das construções. No entanto, um conjunto de soluções aceitáveis (*deemed-to-satisfy*) foi disponibilizado para obter uma equivalência às normas prescritivas, atendendo às exigências de desempenho da BBR94; enquanto o PBD era utilizado em um reduzido número de casos. Assim, estar em conformidade com essas soluções era cumprir um projeto aceitável (LORD; MARRION, 2003).

Com relação às normas de construção, não há um órgão regulador que verifique sua aplicação; geralmente, isso é de responsabilidade do proprietário e do profissional, que identificam se a construção está em conformidade com as normas. Já os sistemas individuais de proteção, como alarmes, chuveiros automáticos (*sprinklers*) e sistema de ventilação, são inspecionados regularmente por empresas certificadas e autorizadas pelo órgão de segurança do Governo, o *Fire Safety Service* (LORD; MARRION, 2003).

EUA

Até recentemente, as normas americanas relativas à construção e ao incêndio eram desenvolvidas por três organizações privadas: a *Building Officials and Code Administrators* (BOCA), a *Southern Building Code Congress International* (SBCCI) e a *International Conference of Building Officials* (ICBO). Em 1994, essas três organizações formaram o *International Code Council* (ICC), com o intuito de produzir uma única norma, adotada nacionalmente e que englobasse as áreas de instalações, mecânica, incêndio e construção, eliminando a complexidade do uso individual de diferentes normas. Em 2003, a ICC foi oficialmente consolidada (MEACHAM, 1998).

Outra organização privada que atua no desenvolvimento do conhecimento e de metodologias voltadas ao incêndio, por meio de normas e atividades técnicas, é a *National Fire Protection Association* (NFPA).

Tanto o ICC quanto a NFPA têm se dedicado ao desenvolvimento das normas de desempenho de diferentes formas: o ICC publicou o *ICC Performance Code for Buildings and Facilities* (2003) e a NFPA incorporou opções de desempenho dentro da

NFPA5000. Embora essas duas normas tratem as opções de desempenho de formas diferentes, elas estabelecem exigências prescritivas que devem ser cumpridas pela equipe de projetos e aprovadas pelo Poder Público. Elas permitem métodos e materiais alternativos a serem submetidos à aprovação dos órgãos competentes (LORD; MARRION, 2003).

Em 1991 e em 1999, ocorreram, respectivamente, a 1ª e a 2ª Conferência sobre Projetos de Segurança contra Incêndio para o Século XXI, ambas promovidas pelo *Worcester Polytechnic Institute* e a SFPE. Essas conferências se destacaram como um dos eventos mais importantes para despertar e fomentar o interesse para os métodos de projeto de segurança contra incêndio baseado em desempenho nos EUA, tornando-se impulsionadoras da efetiva implementação dos conceitos do PBD nesse país. Metas, entraves e estratégias também foram alguns temas discutidos nesses eventos (LUCHT, 1999).

2.2.4 A ação de algumas instituições

a) SFPE

O interesse e as ações direcionadas para promover o sistema *performance-based* no contexto americano ocorreram recentemente (década de 90). Havia necessidade de desenvolver uma base estrutural para aplicação dos princípios da Engenharia de Incêndio com ferramentas apropriadas e aprovadas de forma mais aprofundada, como ocorrera em outros países.

Desde sua criação, em 1950, a SFPE tinha como objetivo promover a Engenharia de Incêndio. Atualmente, sua missão envolve a disseminação da tecnologia e o desenvolvimento de atividades nas áreas educacional e profissional. Em 1995, a SFPE iniciou um trabalho de identificar, avaliar e implementar na prática as ferramentas e metodologias da Engenharia de Incêndio (MEACHAM, 1998).

Para isso, a SFPE utiliza duas publicações periódicas: a *SFPE Bulletin* e o *SFPE Journal of Fire Protection Engineering*, que são veículos fundamentais para adicionar conhecimentos sobre os vários aspectos técnicos e legais do PBC e da Engenharia de Incêndio, estimulando o desenvolvimento e atualizando os temas pertinentes (MEACHAM, 1998).

A SFPE também publicou o *SFPE Handbook of Fire Protection Engineering*, um documento de referência que consiste em uma compilação de métodos quantitativos de cálculo para a resolução dos problemas da Engenharia de Incêndio. Desde sua primeira publicação, em 1988, o Manual tem sido atualizado e implementado com os últimos métodos para análise dos riscos, cálculos, uso e aplicação de modelos computacionais (MEACHAM, 1998).

A SFPE trabalha intensamente na difusão do conhecimento sobre os conceitos do sistema *performance-based* e da Engenharia de Incêndio, por meio de seminários, simpósios, conferências e cursos, além do desenvolvimento de documentos técnicos sobre ferramentas e metodologias disponíveis e como aplicá-las ao processo de projeto (MEACHAM, 1998; SFPE, 2000).

b) International Organization Standardization (ISO)

Fundada oficialmente em 1947, a ISO é uma organização mundial com sede na Suíça, que congrega várias instituições responsáveis pela normalização e padronização de produtos em seus respectivos países. Atualmente (2005), conta com a participação de 148 países membros e com entidades nacionais de normalização, tais como: Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), *American National Standards Institute* (ANSI – EUA), *Deutsches Institut für Normung* (DIN – Alemanha) e *British Standards Institute* (BSI – Reino Unido).

No início da década de 90, a ISO atuou de forma incisiva na área do projeto de segurança contra incêndio baseado em desempenho. A comissão técnica que se dedicava à normalização de incêndio em edificações, TC92, era inicialmente responsável por testar componentes e elementos estruturais em situação de incêndio. Reconhecendo a necessidade de avaliar e padronizar os métodos de projeto de Engenharia, utilizados já em âmbito internacional no projeto de segurança contra incêndio, a ISO TC92 formou vários subcomitês e um específico, SC4, para atuar na área de Engenharia de Incêndio. Cada subcomitê criou vários grupos de trabalho específicos em cada área determinada. A criação e a extinção tanto das comissões técnicas como dos subcomitês consistem em um processo muito dinâmico, dependendo da necessidade da própria ISO.

c) International Council for Research and Innovation in Building and Construction (CIB)

Fundada em 1953, o CIB é uma organização internacional com sede na Holanda que promove o intercâmbio e a cooperação mundiais em pesquisas e inovações tecnológicas no setor da construção. É uma organização que utiliza a competência coletiva de seus membros para fomentar inovações e criar soluções viáveis para os problemas técnicos, econômicos, sociais e organizacionais dentro da sua área de atuação (CIB269, 2001).

Seus membros associados incluem a comunidade de pesquisa, indústria, área governamental e educacional (em torno de 500 organizações e 5.000 membros individuais). Atualmente, a organização do CIB conta com mais de cinquenta grupos de trabalho.

Em se tratando de assuntos relacionados com a segurança contra incêndio, o CIB possui o *Working Commission 14 (W014)*, cujos objetivos consistem em (MEACHAM, 1998):

- priorizar as pesquisas para o desenvolvimento de uma base técnica para os métodos de cálculo da segurança contra incêndio;
- promover a aceitação desses métodos e o seu uso nos códigos baseados em desempenho;
- fornecer dados sobre a tecnologia de segurança contra incêndio às demais comissões de trabalho;
- difundir internacionalmente as informações de Engenharia de Incêndio.

Em 1990, o CIB W014 iniciou sua atividade na área do PBD. Foi criado o TG37 (*Performance Based Building Regulatory Systems*), grupo de trabalho direcionado especificamente para atuar nessa área. O objetivo desse grupo é fomentar o desenvolvimento do sistema *performance-based* nos países, por meio de informações, programas educacionais, publicações e todo um conjunto de ferramentas específicas para tal fim.

Concluindo essa resenha histórica, percebe-se que, atualmente, o *performance-based fire safety design* está em plena difusão mundial. Os exemplos de aplicações são os mais variados: edifícios históricos, *shopping centers*, grandes átrios, áreas esportivas e

edifícios residenciais, cujas análises englobam cálculo do tempo necessário para o escape, falhas estruturais, capacidade de ativação de chuveiros automáticos, capacidade de exaustão de fumaça, controle de materiais combustíveis e resposta das equipes dos bombeiros. Apesar do crescente progresso, há áreas que precisam ser mais aprofundadas, por exemplo (MEACHAM, 1999):

- discussão sobre os níveis de riscos toleráveis (pessoais e sociais);
- estabelecimento de especificações claras sobre as metas e os objetivos de segurança contra incêndio e sobre os critérios de projeto e de desempenho;
- maior entendimento sobre o comportamento do incêndio (início, desenvolvimento e propagação);
- maior entendimento sobre como as várias medidas de segurança (ativas e passivas), inclusive a atuação do corpo de bombeiros, podem atenuar as potenciais perdas do incêndio;
- maior entendimento sobre o comportamento humano em situações de incêndio;
- desenvolvimento de ferramentas e metodologias sobre os aspectos de projeto acima descritos;
- necessidade de considerar os impactos financeiros sobre as decisões relativas à segurança contra incêndio;
- necessidade de considerar as incertezas nas análises e no processo de projeto.

Ratificando o avanço extremamente rápido do desenvolvimento do *performance-based design*, Tubbs et al. (2004) afirmam que, em dezembro de 2004, estava prevista a publicação do *International Fire Engineering Guidelines* (IFEG). Trata-se de um documento similar ao que foi publicado em 2001, o *Fire Safety Engineering Guidelines*, (FSEG), cuja elaboração incluiu a participação dos seguintes organismos: *National Research Council Canada* (NRC); *United States International Codes Council* (ICC); *Building Industry Authority, New Zealand* (BIA); e *Australian Building Codes Board* (ABCB). As diretrizes previstas no IFEG consistiriam em uma versão internacional do FSEG, válidas para aqueles países: Canadá, Estados Unidos, Nova Zelândia e Austrália.

Resumidamente, o IFEG será dividido em quatro partes: Parte 0 – Introdução; Parte 1 – Processos; Parte 2 – Metodologias; e Parte 3 – Dados. As principais mudanças em relação ao FSEG, dizem respeito aos seguintes itens:

- a terminologia *Fire Safety Engineer/Engineering* muda para *Fire Engineer/Engineering*, esta aceita internacionalmente;
- as unidades do sistema inglês e internacional passam a ser aceitas;
- a inserção de dados internacionais adicionais na parte 3;
- a metodologias adicionais incorporadas às partes 2 e 3;
- a inserção de referências internacionais adicionais;
- os títulos dos subsistemas (SS) foram modificados para melhorar a compreensão: SS-A: início, desenvolvimento e controle do incêndio; SS-B: desenvolvimento, propagação e controle da fumaça; SS-C: propagação, impacto e controle do incêndio; SS-D: detecção, alarme e extinção do incêndio; SS-E: desocupação e controle de saída dos ocupantes; SS-F: intervenção das equipes de combate.

2.3 Aspectos conceituais do *performance-based design* (PBD)

As experiências internacionais discutidas na seção anterior demonstram claramente que o processo de implementação do *performance-based design* está intimamente ligado às características próprias e evolução histórica da Engenharia de Segurança contra Incêndio inerente a cada país. Ou seja, diferenças na estrutura governamental (controle e aplicação da legislação), diferenças culturais e econômicas marcam significativamente a forma como o PBD é apresentado. Aspectos relacionados com as experiências decorrentes de eventos trágicos ocorridos no passado, bem como a capacidade de investimento nas áreas de pesquisas científicas, em inovações tecnológicas e em recursos humanos (capacitação técnica e treinamento) mostram como cada país se situa no contexto global de desenvolvimento do sistema de segurança contra incêndio.

Entretanto, mesmo em face das peculiaridades do processo de implementação do sistema *performance-based* nos diversos países em que se faz presente, alguns conceitos permeiam todas as discussões levantadas pelos diversos autores e pesquisadores do assunto.

2.3.1 Desempenho

O campo de aplicação do conceito de desempenho na cadeia construtiva é extremamente amplo. Está presente na análise e avaliação do comportamento estrutural

e dos sistemas mecânico, de incêndio, hidráulico-térmico, acústico, de iluminação, de qualidade do ar e de sustentabilidade das edificações (BECKER, 1999).

O CIB32 (1975) afirma que desempenho consiste no comportamento relacionado com o uso. Avançando sobre o próprio conceito, desempenho implica definir **como** o resultado esperado deverá ser alcançado, sem que se recorra à descrição sobre **qual** deverá ser o resultado. Esse conceito representa, pois, uma gama de possibilidades e pressupõe novas formas de percepção sobre o assunto.

O comportamento de um elemento, sistema ou, ainda, o desempenho potencial de uma edificação pode ser estimado ou avaliado de várias formas: modelos matemáticos, modelos físicos, testes ou protótipos. Entretanto, também é possível aplicar o conceito de desempenho ao processo de projeto. Assim como no processo de elaboração de um edifício, desenvolvido pelo arquiteto, é necessário que, em primeiro lugar, o usuário ou o cliente daquela edificação apresente um conjunto de exigências (ou objetivos) que devem ser atendidas pelo projeto. Em função disso, estipulam-se exigências qualitativas sobre as quais o projeto deverá ser desenvolvido. A abordagem de desempenho permite que essas exigências funcionais, basicamente qualitativas, se convertam em metas quantitativas de projeto, com a indicação de níveis de desempenho a serem alcançados, associados a métodos de quantificação e a metodologias de teste para verificação do atendimento das condições dadas (CIB32, 1975).

Desde a década de 50 e, atualmente de uma forma mais intensa, uma forte corrente mundial trabalha para difundir e aplicar um conceito mais amplo sobre o desempenho, o *performance-based building*. Trata-se de expandir o desempenho para além dos sistemas e partes que compõem a edificação, isto é, o edifício como um todo deve ser baseado no desempenho. Sua aplicação consiste em “[...] traduzir as necessidades humanas em exigências técnicas de desempenho, implementando-as em uma estrutura regulamentadora por meio de normas, padronizações e especificações [...]” (CIB291, 2003, p. 2). O objetivo é conceber o edifício orientado para o desempenho desde a etapa de projeto, incluindo a construção, manutenção, desenvolvimento de materiais e componentes e todos os agentes envolvidos no processo (indústria da construção,

órgãos de regulamentação, profissionais de projetos, proprietários, usuários e empreendedores).⁹

Com uma abordagem mais ampla do desempenho, Becker (1999, p. 525) estabelece que “O conceito de desempenho implica uma estrutura racional de projeto e construção, mas ao mesmo tempo flexível para absorver inovações e mudanças”. Complementando a definição do CIB291, Becker (1999) afirma que a tradução das necessidades humanas (seja de durabilidade, segurança, conforto ou funcionalidade do espaço construído) em exigências técnicas de desempenho e critérios quantitativos (valores mínimos ou níveis aceitáveis) não está associada a uma solução anteriormente prescrita, mas sim a formas livres para investigar soluções e permitir comparações detalhadas entre várias alternativas.

Além disso, os requisitos de desempenho devem garantir uma construção que atenda ao binômio custo/eficiência e que funcione satisfatoriamente ao longo do tempo. Assim, para avaliar o nível de desempenho alcançado nas soluções propostas, é imprescindível a utilização de ferramentas científicas.

2.3.2 Diferenças entre os sistemas prescritivo e de desempenho

Quando os problemas de projeto determinam uma conceituação única ou nova, para a qual não há experiências anteriores de referência, a solução não pode ser prescrita, é nova e deve ser *descoberta*. Por ser um domínio novo, é preciso que a solução seja balizada metodologicamente para garantir a consistência das ações de projeto (MARTINS, 2002).

O projeto de segurança contra incêndio baseado em desempenho não somente reflete, mas incorpora uma forma, uma estrutura racional¹⁰ da Engenharia de Incêndio. É

⁹ Resumidamente, o PBB caracteriza-se por (CIB291, 2003):

a) uso de cláusulas funcionais que descrevem como o edifício funcionará, no lugar de especificações de como ele terá que de ser construído; b) foco nas necessidades/exigências do usuário final, e não nos elementos de regulamentação; c) quantificação no nível de desempenho com que um material, sistema, componente, fator de projeto ou método de construção deve satisfazer de forma que o edifício atenda às metas estabelecidas pela sociedade e pelo cliente; d) consideração dos custos e benefícios ao longo de toda a vida útil do edifício e não apenas os custos de aquisição da tecnologia; e) incentivo para o desenvolvimento de novos materiais, componentes, sistemas e projetos; f) flexibilidade para selecionar o nível de desempenho mais apropriado com a situação estudada; g) definição das exigências de modo que não limitem a escolha da solução. Para maiores informações, acessar: <<http://www.pebbu.nl/>> e <<http://www.auspebbu.org>>.

inerente ao processo a capacidade de considerar a coerência entre o problema – incêndio e todas as suas possibilidades – e as diferentes formas de abordagem, a fim de garantir a segurança global contra incêndio em um edifício.

Essa abordagem se traduz em

[...] estabelecer objetivos claros para a segurança global contra incêndio e examinar se as medidas de segurança atendem aos objetivos propostos, considerando os cenários avaliados como críticos. As soluções determinadas devem estar baseadas nos princípios da razão, observação empírica (senso comum), ciência, ferramentas da engenharia e viabilidade (CIB269, 2001, p. 3).

Nesse processo dinâmico, as soluções são determinadas em função do problema exposto e não se considera uma solução adequada ou única para as diversas situações de projeto, como ocorre no âmbito prescritivo. É inerente ao conceito do projeto de segurança contra incêndio baseado em desempenho a interação entre incêndio, vida humana e edifício. Essa característica é o elemento principal que norteia a avaliação da adequação do sistema e o alcance dos objetivos pretendidos, como ilustra a Figura 2.9.

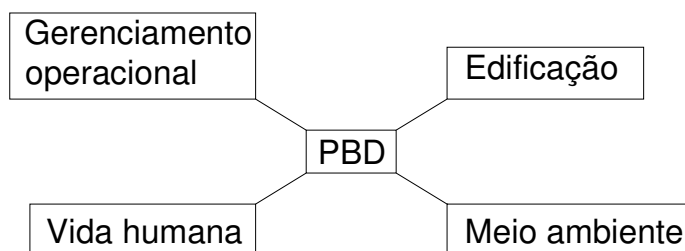


Figura 2.9 Interação entre os principais elementos envolvidos no sistema PBD
Fonte: BSI DD240, 2001

Tem-se discutido amplamente nos setores acadêmicos, institucionais e no próprio mercado, que a abordagem atual prescritiva, praticada no mundo inteiro, responde muito bem a determinadas soluções de projeto, entretanto não oferece condições para novas possibilidades. Pode ocorrer, eventualmente, de ela não atender às necessidades ou expectativas dos proprietários, projetistas ou autoridade pública, em determinados edifícios ou em situações mais complexas (CUSTER; MEACHAM, 1997). Além disso,

¹⁰ Uma abordagem racional implica idealizar e equacionar funcionalidades e as correlações entre as características e os atributos do objeto do projeto sobre uma base científica consistente (MARTINS, 2002).

a visão tradicional da conformidade com a legislação (estar ou não de acordo com a norma) pode significar “[...] meramente um obstáculo a ser superado com um mínimo de custo e esforço” (CIB269, 2001, p. 3).

Assim, no sistema prescritivo, o profissional (arquiteto ou engenheiro) projeta para estar em conformidade ou atender às exigências que as normas e códigos estabelecem, de acordo com certos parâmetros construtivos (ocupação, tipo de construção ou classificação de risco). Essas normas especificam *como* o edifício deverá ser projetado, construído, protegido e mantido, além de prescrever as exigências que devem ser atendidas e o procedimento para verificação (MEACHAM, 1997b).

Por outro lado, o PBD consiste em um processo de projeto cujas soluções de segurança contra incêndio são projetadas para alcançar uma meta especificada para um determinado uso ou aplicação. As principais questões do *performance-based design* são transformar objetivos (parâmetros qualitativos) em parâmetros quantificáveis e definir os limites (valores) desses parâmetros, fornecendo ao projetista condições de avaliar se o projeto proposto corresponde aos parâmetros de desempenho estabelecidos (BECK, 1997).

Suponha-se, por exemplo, que uma determinada norma prescritiva estabeleça que a distância a ser percorrida em um certo edifício não deve exceder a 75m. A razão para limitar essa distância justifica-se pelo fato de que os ocupantes devem alcançar uma saída antes que eles entrem em contato com o fogo, fumaça e gases quentes. Essa medida ou qualquer outra definida por norma é, a princípio, considerada uma medida razoavelmente segura. Entretanto, em algumas ocasiões, essa distância pode se tornar muito longa ou, em outras, desnecessariamente restritiva, em função de vários fatores, como os cenários de incêndio, a geometria da edificação, as características físicas e psicológicas dos ocupantes e formas alternativas de proteção contra incêndio. Há também o fato de não se conhecer a forma de propagação da fumaça dentro do edifício até que o último ocupante escape (QUITER; CUSTER, 2002).

Dentro dessa ótica, Meacham (1997b, p. 704) argumenta que, “[...] se o objetivo proposto, com a limitação da distância a ser percorrida, for a segurança humana, é fácil

considerar que a exigência foi cumprida, porém é difícil definir se o objetivo foi alcançado”.

Assim, quando se utiliza uma determinação prescritiva, não se avalia, necessariamente, a eficácia do sistema com relação ao desempenho da segurança. No processo de projeto baseado em desempenho, estabelecem-se as metas, os objetivos e os critérios de desempenho, enquanto a análise de cálculo deve ser feita para se avaliar e demonstrar se o projeto corresponde ao que foi estabelecido. Os dados para a análise de cálculo provêm de numerosos testes, desde os estudos do comportamento humano às análises de incêndio reais.

O procedimento prescritivo de segurança contra incêndio corresponde às exigências mínimas e aos meios para atendê-las, sendo aplicado diretamente às edificações compreendidas por ele. A natureza do PBD, ao contrário, reflete precisamente as ações de segurança esperadas em um incêndio, apoiando-se no consenso das potenciais perdas devidas ao risco de incêndio.

Por outro lado, a viabilidade do PBD passa por elaboração e implementação cuidadosas. O objetivo do *performance-based design* é resolver o paradoxo da solução construtiva: maximizar a segurança com a otimização de custos. Isso significa avaliar o projeto segundo uma referência de **eficiência**, ou seja, o valor da solução proposta é medido em função do quanto ela é eficiente, atendendo simultaneamente às exigências funcionais (segurança) e financeiras (AVERILL, 1998).

Conforme Averill (1998), na realidade americana ocorre uma certa elevação de custo de projeto PBD em relação ao prescritivo, considerando que aquele exige um tempo maior de projeto e de análise do Corpo de Bombeiros. Entretanto, quando os custos de projeto são comparados, a solução do PBD se justifica, pelo fato de que a economia gerada com os custos de uma construção segura (custo/eficiência) se traduz em uma escala muito maior do que apenas se comparando os custos do projeto prescritivo. Ou seja, no regime do PBD, alcança-se um nível de segurança equivalente ou superior, com uma economia substancial em termos globais da solução construtiva.

Para que o PBD seja implementado, é preciso que haja uma análise de custo/benefício do projeto em questão. Como a análise econômica se constitui em um fator importante

no contexto geral, capaz de viabilizar ou impedir sua execução, sua real consideração deve ser parte da justificativa de projeto, uma vez que o principal argumento é a economia gerada e esta provém da redução das medidas de segurança contra incêndio que sejam redundantes, exigidas pelas normas prescritivas (MEACHAM, 1997a).

Averill (1998) coloca ainda que há outros elementos embutidos na análise que devem ser cuidadosamente avaliados e estimados, a fim de que o projeto obtenha sucesso e seja viabilizado. Eles têm uma implicação direta com a questão econômica e podem estar associados com:

- otimização dos custos privados: adequação dos produtos às necessidades do cliente;
- *externalities* (externalidades¹¹ ou conseqüências que não são contabilizadas): elas têm relação direta com as perdas dos ocupantes e do proprietário; influência do mercado; políticas públicas de segurança e com a responsabilidade legal envolvida;
- implementação de tecnologia disponível: inserção tecnológica de ponta na solução construtiva;
- consideração sobre probabilidade e magnitude de falhas.

No *performance-based design*, a solução não se encontra definida nas normas. Ao projetista cabem o conhecimento necessário e a responsabilidade ética para definir que tipo de solução será proposta e se ela atende às expectativas e necessidades do cliente.

Quando se trabalha com o PBD, alguns aspectos adquirem uma dimensão ética profunda. A quantificação das conseqüências do incêndio sob a ótica do *julgamento de valores*, ou seja, as decisões relativas à segurança contra incêndio se baseiam nos valores sociais de quem as julga, configurando uma situação em que se exige do projetista um tratamento extremamente consciente e ético. Outro ponto diz respeito à liberdade de projeto e à responsabilidade profissional, inerente ao processo PBD. Ao mesmo tempo em que os códigos oferecem liberdade de projeto, a responsabilidade do projetista toma uma dimensão bem maior. No momento em que o projetista se vê livre para selecionar, dentre as alternativas possíveis, a que melhor se ajusta ao projeto, e sobre a quantificação relativa das conseqüências das perdas (humanas e materiais) ocasionadas em um incêndio, essa responsabilidade se torna inerente à própria decisão,

¹¹ Define-se externalidade como fenômeno externo a uma empresa ou indústria que cause aumento ou diminuição no seu custo de produção, sem que haja transação monetária envolvida (FERREIRA, 1999).

levando-se em consideração, sobretudo, os valores sociais. Portanto, a flexibilidade existente na análise do PBD não sugere a mesma flexibilidade no julgamento dos valores sociais (WATTS, 1999).

A utilização do PBD requer uma carga extra de trabalho do profissional com a conseqüente elevação de responsabilidade técnica. As exigências relativas à preparação da documentação, verificação e análise do projeto diferem consideravelmente dos procedimentos adotados no modelo prescritivo, no qual as exigências sobre verificação e análise são relativamente pequenas, considerando que o método utilizado na solução seja bem conhecido e que as revisões sejam feitas utilizando *check lists* simples. No PBD, o projetista deve demonstrar que a solução proposta atende aos objetivos e às normas. Nesse caso, o julgamento subjetivo do projetista terá um grande impacto sobre a qualidade do resultado final (LUNDIN, 2004).

2.3.3 Vantagens e desvantagens do PBD

Dentro da literatura disponível, ressalta-se uma série de vantagens e desvantagens tanto do sistema prescritivo como do PBD. Há, no entanto, uma tendência mundial para o desenvolvimento e a difusão da implementação do sistema voltado para o desempenho para colocá-lo no patamar de complementaridade com o sistema tradicional prescritivo, e não de substituição. O Quadro 2.1 mostra, resumidamente, as vantagens e desvantagens associadas aos dois sistemas.

SISTEMA PRESCRITIVO	
VANTAGENS	DESVANTAGENS
<ul style="list-style-type: none">- Utilização simples- Avaliação direta das exigências legais- Incorporação de experiências anteriores- Possibilidade de consenso entre os envolvidos- Isenção de competência profissional ou conhecimentos específicos	<ul style="list-style-type: none">- Pouca ou nenhuma flexibilidade para inovações- Incapacidade de antecipar eventualidades- Pouco enfoque na otimização das soluções- Atraso na incorporação dos avanços tecnológicos da Engenharia- Indefinição dos objetivos para o projeto- Estrutura normativa complexa- Ausência de estimulação para projetos com custo/eficiência compatíveis (opções alternativas)- Soluções únicas para fornecimento da segurança

Quadro 2.1 Vantagens e desvantagens dos sistemas prescritivo e PBD

Fonte: Adaptação de BSI DD240, 2001; Hadjisophocleous e Benichou, 1999

SISTEMA <i>PERFORMANCE-BASED</i>	
VANTAGENS	DESVANTAGENS
<ul style="list-style-type: none">- Medidas de segurança são definidas em função do nível de risco e dos objetivos, claramente estabelecidos- Possibilidade de inovações na solução- Minimização dos custos sem comprometimento da segurança- Aplicação prática dos resultados- Possibilidade de uso de estratégias alternativas de segurança contra incêndio capazes de obter equivalência em termos operacionais e econômicos- Necessidade de equipe técnica- Inclusão imediata de novas tecnologias no mercado- Avaliação das medidas de prevenção das perdas sob o ponto de vista custo/benefício	<ul style="list-style-type: none">- Qualificação e formação adequada- Falta de dados em algumas áreas- Dificuldade em definir níveis quantitativos de segurança (critérios de desempenho)- Necessidade de aperfeiçoamento de ferramentas computacionais

Quadro 2.1 Vantagens e desvantagens dos sistemas prescritivo e PBD (continuação)

Fonte: Adaptação de BSI DD240, 2001; Hadjisophocleous e Benichou, 1999

2.3.4 O sistema *performance-based*

O projeto de segurança contra incêndio baseado em desempenho se insere em um sistema mais amplo, o qual lhe confere todo o suporte de funcionamento (técnico e legal). Assim, o sistema *performance-based* compreende uma estrutura própria, independente, que, conforme Beck (1997), é formada por três elementos distintos, porém inter-relacionados:

- a) códigos de desempenho (*performance-based code* – PBC);
- b) diretrizes/orientações técnicas (embasamento teórico);
- c) ferramentas de projeto e cálculo.

a) Códigos de desempenho (PBC)

A regulamentação baseada em desempenho descreve resultados no lugar de soluções específicas. Caracteriza-se, tipicamente, por uma estrutura hierárquica (Figura 2.10), sendo desenvolvida particularmente¹² em função da realidade de cada país (BUKOWSKI, 2002).

¹² Alguns códigos de desempenho atualmente em vigor: Inglaterra: *BS 7974/2001*; Austrália: *Building Code of Austrália*; EUA: *ICC Performance Code*; Nova Zelândia: *New Zealand Building Code*.



Figura 2.10 Estrutura hierárquica típica dos principais componentes do sistema PBD

Fonte: Custer e Meacham, 1997

Resumidamente, o processo parte das metas sociais, expressas em termos qualitativos. Essas metas são decompostas em objetivos funcionais (ou requisitos funcionais), também de cunho qualitativo, porém mais específicos. Em seguida, as exigências de desempenho são definidas sem termos quantitativos, de forma que as etapas anteriores sejam atendidas. Quanto às soluções, os códigos de desempenho permitem que sejam adotadas soluções equivalentes às prescritivas ou soluções alternativas (inovadoras).

Com essa estrutura hierárquica, o código de desempenho reflete a expectativa da sociedade com relação aos níveis de saúde, segurança, higiene e bem-estar social fornecidos por um edifício (MEACHAM, 1997b).

Diferente das normas prescritivas, que determinam quais são as medidas e características exigidas de segurança contra incêndio e como elas devem ser projetadas, os códigos de desempenho aproximam-se mais da qualificação do nível do risco aceitável em uma sociedade.

A definição explícita das metas sociais, independente dos métodos utilizados para alcançá-las, é característica inerente à metodologia de desempenho. Os códigos de desempenho partem do princípio de qualificar o quanto de segurança se pretende alcançar, ficando a cargo do profissional transformá-la em uma medida quantitativa (técnica e econômica) e demonstrá-la segundo os métodos de análise disponíveis.

Metas sociais: representam a expectativa de uma determinada sociedade com relação ao nível de segurança contra incêndio fornecido por um dado empreendimento. Esses objetivos são baseados nos conceitos de proteção da vida humana e patrimonial, da

continuidade das atividades e do impacto ambiental. É natural, portanto, que haja variações no teor das metas devido às diferenças culturais e sociais (BUKOWSKI, 1995). As metas sociais são proposições de abrangência geral e potencialmente mensuráveis, segundo uma base qualitativa (NFPA, 1995).

Objetivos funcionais: são definidos em um nível de detalhe mais específico em relação às metas e tratam como o edifício, determinado sistema ou componente do edifício atenderá à meta anteriormente definida, por meio de proposições quantificáveis (e não quantificadas).

Exigências (ou requisitos) de desempenho: sendo as proposições do PBC mais detalhadas, as exigências de desempenho são consideradas como “A quantificação do nível de desempenho que determinado material construtivo, dispositivo, sistema, componente, fator de projeto ou método de construção deve satisfazer para que o edifício atenda às metas especificadas pela sociedade e os objetivos funcionais” (CUSTER; MEACHAM, 1997, p. 73). Mesmo sendo ainda caracterizadas de forma qualitativa, as exigências influenciarão diretamente na definição dos critérios de desempenho.

Critérios de desempenho: são caracterizados como “[...] medida referencial que será comparada com aquela que materiais, dispositivos, sistemas, componentes, fatores de projeto ou métodos de construção apresentarão ao serem avaliados sobre sua capacidade de atender às exigências de desempenho especificadas” (CUSTER; MEACHAM, 1997, p. 74).

Dessa forma, os critérios de desempenho são quantificados em termos absolutos ou dentro de uma variação de valores, utilizados como dados de cálculo para desenvolver as soluções de projeto. Critérios de desempenho podem incluir, por exemplo: uma condição-limite para um membro estrutural sob temperaturas críticas; o volume máximo de gases tóxicos ser de 25% do volume total ou o limite da temperatura da camada superior em um ambiente ser menor que 500°C (NFPA, 1995). Ou, ainda, podem estabelecer limites, como da taxa de fluxo de calor radiante no ambiente em 2,5 kW/m² para um tempo de escape da ordem de cinco minutos (FIRE..., 1996).

Como os critérios dependem do contexto em que o projeto está sendo desenvolvido, eles não se encontram presentes nos diversos códigos de desempenho, mas sim nas publicações e manuais técnicos de apoio aos códigos.

Soluções: os resultados de projeto podem ser obtidos por meio de duas formas: as denominadas **soluções aceitáveis**, com as quais se obtém uma equivalência às normas prescritivas ou aos métodos aceitos,¹³ ou por meio de **soluções alternativas**, em que o profissional sugere um método completamente novo, porém baseado nas normas existentes (LORD; MARRION, 2003; MEACHAM, 1997b).

É interessante ressaltar que ainda não existe uma terminologia única dentro do sistema *performance-based*. Portanto, há termos que são sinônimos, quando se trata do PBC e do PBD (Quadro 2.2).

PERFORMANCE-BASED CODE - PBC	PERFORMANCE-BASED DESIGN - PBD
metas sociais objetivos funcionais exigências de desempenho critérios de desempenho	metas de segurança contra incêndio objetivos de perda do cliente objetivos de projeto critérios de desempenho

Quadro 2.2 Variação na nomenclatura entre termos do PBD e PBC
Fonte: Custer e Meacham, 1997

(b) Diretrizes técnicas/Orientações técnicas

Compreende publicações técnicas desenvolvidas por instituições, pesquisadores e profissionais com vasta experiência e com atuação na área de Engenharia de Incêndio. Esses documentos de referência fornecem o suporte técnico ao sistema *performance-based* no sentido de descrever os procedimentos e as metodologias para desenvolver um projeto dentro desse conceito, fornecendo diretrizes sobre a aplicação dos princípios técnicos e científicos da Engenharia (FIRE..., 1996).

(c) Ferramentas de projeto e cálculo

Enquanto as diretrizes técnicas descrevem o processo ou o procedimento para resolver um problema global, as ferramentas de projeto e cálculo são utilizadas para resolver ou

¹³ Conforme Custer e Meacham (1997), método aceito consiste em um referencial-padrão da Engenharia que foi desenvolvido e aceito por meio de um processo consensual entre a comunidade técnica e científica da Engenharia.

verificar os componentes desse problema de acordo com os fundamentos da Engenharia (MEACHAM, 1997b).

Essas ferramentas consistem em métodos aceitos para desenvolver, analisar e verificar se o projeto proposto atende aos critérios de desempenho. A verificação pode ser feita por três formas: ensaios e testes reais; cálculos computacionais ou modelamentos matemáticos; e combinação de ensaios e cálculos. Tais procedimentos se baseiam na análise e avaliação da Engenharia de Incêndio e dos fenômenos com eles relacionados (SFPE, 2000).

2.4 O *performance-based design* (PBD)

Muito se tem discutido sobre a necessidade de melhoria de produtos e processos no setor da construção civil. Uma extensa e profunda bibliografia discute a busca pela qualidade no ambiente construído, principalmente pela qualidade de projeto (e do processo de projeto). Além disso, adiciona-se o esforço das construtoras, empresas fornecedoras e indústrias pela implantação da certificação de qualidade (normas ISO) e todo o universo que abrange estudos sobre patologias e incompatibilidades entre os sistemas construtivos.

Segundo Kalay (1999), o resultado final da cadeia construtiva – o edifício – ainda se encontra longe da capacidade de atender satisfatoriamente às exigências físicas, sociais, culturais e econômicas do usuário.

A prática atual da segurança contra incêndio, particularmente no contexto brasileiro, evidencia que um sistema de proteção e prevenção é adicionado posteriormente ao projeto de arquitetura. Ou seja, é comum, em todo o desenvolvimento da concepção arquitetônica, a inexistência ou a pouca importância dada à inserção dos aspectos de segurança contra incêndio na fase projetual. O resultado, muitas vezes, aponta soluções de segurança padronizadas ou pouco otimizadas.

Entretanto, a atividade de projeto é uma das ferramentas fundamentais para promover a melhoria da tão discutida qualidade na construção ou, ao menos, aproximar o ambiente construído das necessidades do usuário. É de suma importância que se focalize a atividade de projeto como o “[...] processo para o qual convergem toda sorte de decisões

e restrições tecnológicas, de custo, de prazos, de relacionamento com os fornecedores de insumos, de organização da produção, enfim, com seu caráter de antecipação virtual dos processos que se seguirão [...]” (MELHADO, 2001, p. 7).

Nesse contexto, a segurança contra incêndio, além de constituir-se em uma exigência essencial do edifício, deve ser um componente intrínseco ao processo construtivo como um todo, desde a fase projetual, estendendo-se para as etapas de construção, manutenção e prevenção, treinamento da população e formação profissional. Assim, é importante considerar que esse processo é enriquecido e adquire uma dimensão mais ampla no momento em que a solução não se restringe à aplicação de procedimentos predeterminados, mas, ao contrário, busca a interação entre o problema e um possível resultado. Entretanto, a qualidade do sistema ou do projeto de segurança não está garantida. A qualidade está diretamente relacionada com a avaliação de desempenho de um produto, de um sistema, de um projeto ou de qualquer outro elemento ligado à avaliação humana.

Em linhas gerais, uma metodologia de projeto baseado em desempenho foi discutida por Kalay (1999, p. 395), que afirma: “[...] a força que orienta qualquer atividade projetual reside na busca para alcançar uma solução qualitativa em uma combinação particular entre forma e função em um contexto específico”. E é exatamente nessa relação que a noção de desempenho pode ser percebida. O desempenho consiste, assim, na quantificação, na medida, ou em quanto a intercessão entre forma e função em um dado contexto é tida como conveniente ou vantajosa, ou seja, “[...] pela observação, quantificação e interpretação do comportamento, pode-se avaliar o desempenho da solução” (KALAY, 1999, p. 400). Essa interpretação pode ser visualizada na Figura 2.11.

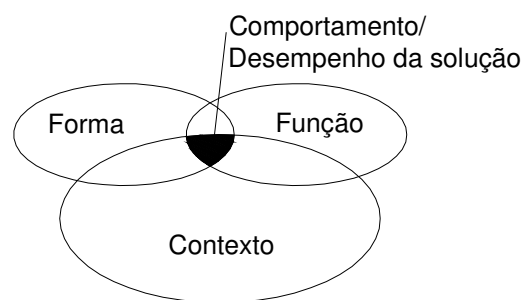


Figura 2.11 O desempenho como a quantificação da forma, função e contexto
Fonte: Kalay, 1999

Dessa forma, a caracterização da solução está diretamente relacionada com a avaliação de desempenho do sistema, e não apenas baseada no processo em si ou na relação única de causalidade entre forma e função. Ou seja, forma, função e contexto se combinam para determinar o comportamento ou o desempenho da solução proposta.

2.4.1 O processo de projeto

A proposta do PBD vem se consolidando e se firmando muito mais do que uma alternativa para o sistema de segurança, mas como uma abordagem racional para a otimização das medidas de segurança contra incêndio, na qual as exigências e critérios de projeto de segurança são baseados em parâmetros técnicos e científicos (CIB269, 2001).

A natureza prescritiva da regulamentação mundial ligada à segurança contra incêndio está passando por um processo de mudança (como evidenciado inicialmente). Experiências em países como Nova Zelândia, Canadá, Austrália, EUA, Japão e Reino Unido, por exemplo, demonstram que o processo tradicional, em alguns casos, agrega custos desnecessários ao processo de construção, limitando e mesmo evitando a inserção das inovações tecnológicas.

O processo de implementação do PBD no mercado mundialmente globalizado e competitivo vem sendo considerado como um caminho inevitável, contando com pesados investimentos nas áreas de pesquisa, formação técnica e ampla divulgação em diversos eventos de âmbito mundial.

Vários fatores de projeto devem ser considerados no atendimento aos objetivos de segurança contra incêndio, por exemplo: características físicas da edificação, rotas de saída, fatores relacionados com a ocupação, controle do movimento de fumaça e sistemas ativos e passivos de proteção. Buchanan (2001) expõe outros fatores que influenciam o desempenho requerido pelo projeto de incêndio:

- geometria da edificação e o tipo de ocupação;
- localização dos edifícios adjacentes e a característica do entorno;
- probabilidade da ocorrência de um incêndio;
- quantidade e distribuição da carga de incêndio;
- quantidade e localização dos ocupantes;

- proximidade e tempo de resposta das equipes do Corpo de Bombeiros;
- abastecimento de água disponível;
- práticas de gerenciamento construtivas que afetam a segurança contra incêndio.

Assim, o PBD se apóia na premissa de que todas essas medidas de segurança fazem parte de um sistema integrado do edifício. Conseqüentemente, é necessária a interação entre esses elementos para que sejam definidas soluções de projeto mais completas (FIRE..., 1996).

Em função das diferenças decorrentes do processo evolutivo do sistema *performance-based*, não existe ainda uma metodologia de projeto que seja única. Assim, a literatura atual disponível apresenta variações no que se refere à nomenclatura e à estrutura do processo de projeto, com abordagens mais minuciosas ou mais gerais, dependendo das características formais de cada uma. Isso reflete o caminho encontrado e o processo de amadurecimento que cada país trilhou para lidar com essas questões.

De acordo com Custer e Meacham (1997), o PBD consiste em uma abordagem da Engenharia para o projeto de segurança contra incêndio baseado em quatro pontos:

- nas metas de segurança contra incêndio, na expectativa das perdas associadas e nos objetivos de projeto;
- na avaliação determinística e/ou probabilística do início, crescimento e propagação do incêndio;
- nas propriedades físicas e químicas do incêndio e seus efluentes;
- na análise quantitativa da eficiência do projeto em confronto com os objetivos (expectativa) de perda e critérios de desempenho.

2.4.2 Estrutura geral do processo de projeto¹⁴

A análise *performance-based* de segurança contra incêndio pode ser executada tanto em edifícios existentes como em novos projetos. Nesse último caso, é extremamente importante que ela seja incluída desde o início do processo. A Figura 2.12 apresenta uma estrutura geral das etapas de desenvolvimento do PBD, compreendendo todo o ciclo construtivo.

¹⁴A estrutura básica do processo de projeto aqui discutida referencia-se nas metodologias inglesa (BSI DD240, 2001) e australiana (FIRE..., 1996).

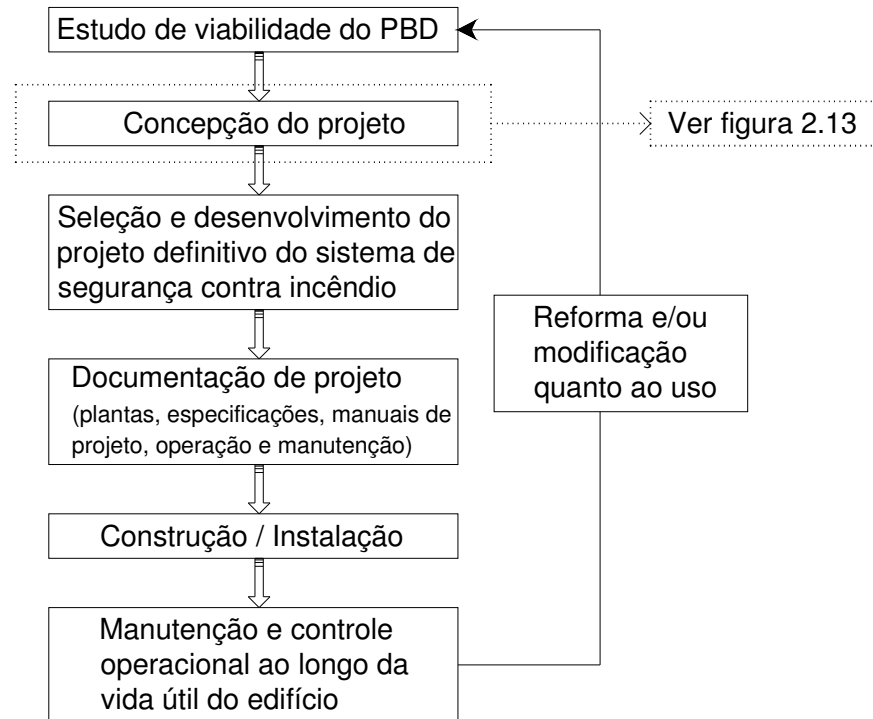


Figura 2.12 Estrutura geral do processo de desenvolvimento do PBD

Fonte: FIRE..., 1996

Essa estrutura sugere um caminho não muito diferente do sistema prescritivo. O que os distingue, no entanto, é uma análise mais elaborada na fase de concepção do projeto, de forma que, somente após todos os aspectos relacionados com essa fase serem totalmente resolvidos, o desenvolvimento do projeto definitivo pode ser iniciado.

Como o PBD está associado a uma abordagem mais específica das medidas de proteção direcionadas às necessidades e expectativas particulares de um cliente, é importante a reavaliação do sistema sobre uma possível adaptação ou reforma da edificação para uma outra atividade. Acima de tudo, devem-se garantir as condições de segurança, mantendo as que foram previamente idealizadas ou redimensionando-as em função de um novo uso.

Em linhas gerais, o processo de projeto de segurança contra incêndio baseado em desempenho pode ser representado pela Figura 2.13.

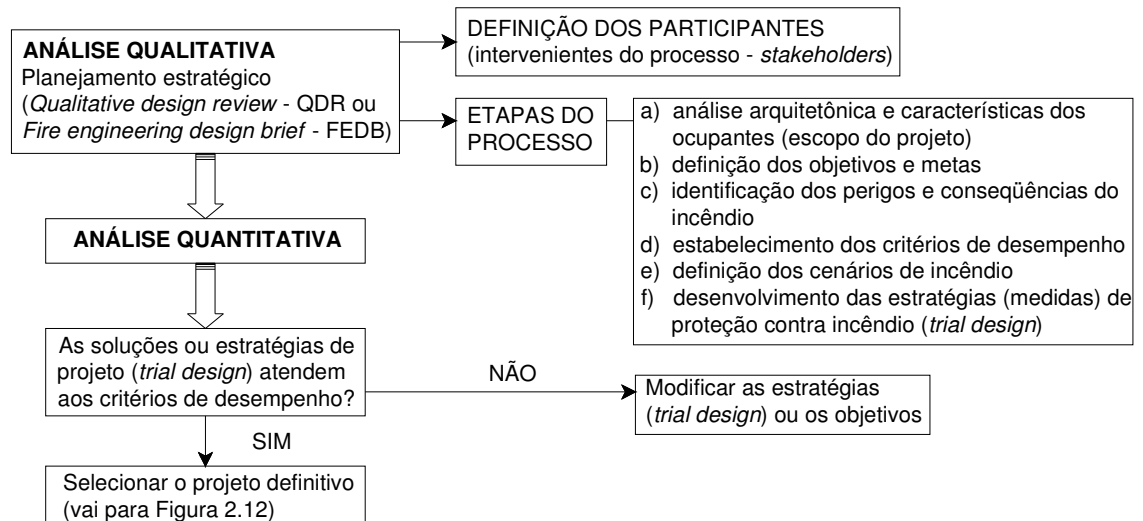


Figura 2.13 Esquema geral da concepção do processo de projeto baseado em desempenho

Fonte: Adaptação de FIRE..., 1996; CIB269, 2001; BSI DD240, 2001

I. Análise qualitativa: planejamento estratégico

A etapa inicial do processo de projeto baseado em desempenho é estabelecer os parâmetros básicos do projeto e identificar as exigências a serem atendidas pela edificação.

A análise qualitativa tem por objetivo identificar os principais pontos que representam riscos de incêndio e, assim, *simplificar* o problema até uma medida necessária para passar ao processo de quantificação. Isso é devido ao fato de a interação entre incêndio, edificação e pessoas apresentar um grande número de cenários possíveis e não ser viável avaliar cada caso individualmente ou ainda estabelecer um conjunto de cálculos e procedimentos únicos que possam ser aplicados diretamente a todos os edifícios.

Definição dos participantes (stakeholders)

Todos os intervenientes envolvidos no projeto devem ser identificados para que, a partir da colaboração e comunicação entre o grupo, o projeto possa ser concluído com êxito dentro das expectativas. Os possíveis integrantes englobam (SFPE, 2000):

- proprietário do empreendimento;
- empreendedor;
- equipe de projeto (arquiteto, engenheiros de incêndio, estrutural e de instalações);
- equipe de obras (coordenador, construtor);

- Poder Público (representantes da Prefeitura e Corpo de Bombeiros);
- companhias de seguro.

Etapas do processo de projeto

As etapas identificadas permitem a análise sistemática das possíveis ocorrências do perigo de incêndio e a escolha das estratégias de segurança para manter o risco em um nível aceitável.¹⁵

a) análise arquitetônica e características dos ocupantes (escopo do projeto)

O projeto arquitetônico deve ser analisado na etapa inicial do processo para que as principais características ou exigências do projeto ou do cliente sejam preservadas e desenvolvidas em harmonia com as medidas de segurança contra incêndio ao longo de todo o processo. É preciso que as informações mais relevantes sobre o edifício, seus ocupantes e sua utilização sejam de conhecimento da equipe, por exemplo (CIB269, 2001; SFPE, 2000; BSI DD240, 2001):

- concepção arquitetônica (rotas de escape, interconexão entre os espaços), características construtivas, estruturais e o *layout* da edificação;
- tipo de ocupação e uso do edifício, bem como seu conteúdo;
- condições de acessibilidade da edificação para os serviços de combate e salvamento;
- características e quantidade dos ocupantes (condições especiais para pessoas com mobilidade reduzida);
- sistemas de ventilação – natural ou mecânica;
- perigos comuns de incêndio;
- restrições de projeto (por exemplo: edificações históricas);
- previsão de futuras modificações.

Além de todas essas limitações físicas, outros parâmetros importantes devem ser considerados no conjunto dessas informações: a questão financeira, cronograma de trabalho, localização do imóvel e características do entorno, características dos serviços das equipes de combate ao incêndio, qualidade dos serviços públicos, condições

¹⁵ **Riscos** são definidos como a possibilidade de algo acontecer e estão relacionados com a probabilidade. O **perigo** é definido como potencial de dano. Representa a maior perda possível decorrente de um único evento, isto é, sua severidade. O perigo representa, portanto, a gravidade do dano, se o risco se materializar em um evento (CARSON, 2003).

ambientais (vento, temperatura e umidade do ar), preservação histórica, gerenciamento e controle da segurança do edifício, imagem do empreendimento e a influência das regulamentações existentes (CUSTER; MEACHAM, 1997).

b) definição das metas de proteção contra incêndio e dos objetivos de perda

Essa etapa pode ser considerada como uma das mais significativas do processo. É em função das metas e objetivos identificados pelos intervenientes ou clientes¹⁶ que as soluções de projeto serão configuradas. Eles devem ser claramente identificados para que os critérios de desempenho sejam desenvolvidos e, assim, a segurança global do edifício seja avaliada. As metas e objetivos representam, portanto, o fio condutor que perpassa todo o processo, guardando a relação com o produto final.

As metas são proposições não passíveis de contestação; são mensuradas qualitativamente e não dependem de nenhuma hipótese. De modo geral, a segurança contra incêndio possui quatro metas que representam tal importância (SFPE, 2000):

- fornecer proteção à vida humana – ocupantes do edifício ou vizinhos, bombeiros, usuários e todas as pessoas que têm contato direto com a edificação;
- fornecer proteção patrimonial – proteção estrutural, equipamentos, instalações e conteúdo;
- fornecer continuidade das atividades – garantir o funcionamento da produção e capacidade operacional das organizações;
- limitar o impacto ambiental dos efeitos indesejados do incêndio – incluem as edificações adjacentes e consequências para o meio ambiente.

As metas de proteção contra incêndio refletem as necessidades ou aspirações do cliente e devem ser definidas em ordem de prioridade, em função de seu interesse e da importância do projeto, podendo variar de acordo com o edifício e sua complexidade. Assim, é possível também que os intervenientes compartilhem de uma mesma meta, mas com nível de importância diferenciado. A priorização das metas auxilia o enfoque dado às principais medidas de proteção contra incêndio. Por exemplo, se a segurança à vida

¹⁶ Segundo Custer e Meacham (1997), o termo *cliente* possui um caráter genérico, representando um participante do processo (proprietário, arquiteto ou Poder Público) ou uma combinação deles.

humana possuir um nível de prioridade maior do que a proteção do imóvel, então a análise e o projeto serão mais direcionados nesse sentido.

Associados às metas, os objetivos de perda do cliente (ou expectativas de perda) são mais específicos e podem ser mensurados (o que, quando e quanto), consistindo em uma série de ações necessárias para atender à determinada meta. Assim, os objetivos de perda representam o quanto de segurança o cliente precisa ou espera ter e, principalmente, o quanto ele está disposto a pagar por ela (CUSTER; MEACHAM, 1997).

Em um exemplo de um edifício que prioriza como meta de segurança a vida humana, um possível objetivo de perda poderia ser garantir que o risco de morte devido ao incêndio não fosse maior do que X pessoas por 100.000 pessoas expostas aos efeitos do incêndio (NFPA, 1995).

Portanto, os objetivos do cliente são traduzidos em objetivos de projeto. Estes são, essencialmente, metas mais refinadas, isto é, valores que podem ser quantificados em termos técnicos. Eles expressam a redução das consequências do incêndio em termos econômicos, perdas de vidas humanas, impactos sobre o imóvel, enfim, uma condição máxima permitida ou aceita.

A questão da segurança da vida humana é sempre crítica e, mesmo que o objetivo seja o de não haver perdas humanas, sempre haverá o risco da ocorrência de um incêndio, mesmo pequeno. Ou seja, proteção absoluta contra incêndio é impossível e, mesmo se não o fosse, teria um gasto proibitivo. Por outro lado, pouco investimento na segurança contra incêndio poderá ser insuficiente para garantir os níveis de perda aceitáveis pela sociedade. Assim, é imprescindível um conjunto de soluções de custo/eficiência viáveis para minimizar os custos totais associados com o incêndio, a partir de níveis consistentes de segurança (FIRE..., 1996).

A definição qualitativa das metas e dos objetivos de um projeto não garante que eles sejam atendidos, mesmo com a prioridade e os limites impostos. É preciso um conjunto de critérios que expressem em valores numéricos a proteção pretendida – os critérios de desempenho.

c) identificação dos riscos e consequências do incêndio

Como parte do processo de projeto, a equipe deve levar em consideração as potenciais situações de risco de incêndio dentro do edifício, bem como suas potenciais consequências. Essa análise deve identificar fatores como (FIRE..., 1996):

- *layout* geral;
- potenciais fontes de ignição;
- natureza das atividades desenvolvidas;
- ocupação prevista ou existente;
- materiais construtivos;
- materiais combustíveis;
- fatores incomuns.

Quando a equipe de projeto avalia o significado de cada risco de incêndio, percebe-se sua influência na realização dos objetivos de segurança. Assim, a consideração sobre os riscos pode não se restringir à ignição e à propagação do incêndio, por exemplo, mas também incluir aspectos que impeçam o escape das pessoas.

O prévio conhecimento sobre os riscos de incêndio e suas consequências podem antecipar possíveis soluções e aumentar a eficiência e a confiabilidade do sistema.

d) critérios de desempenho

A definição dos critérios de desempenho consiste em uma das etapas mais importantes e que requer especial atenção. Hadjisophocleous e Benichou (2000) alertam que o sucesso do PBD depende da capacidade de estabelecer tais critérios.

Os objetivos de projeto, especificados pelos clientes ou pelos participantes (*stakeholders*), representam a caracterização do problema de uma forma ampla, não possuindo informações suficientes para desenvolver as soluções. Por outro lado, não existe medida de proteção contra incêndio que forneça como resultado o risco zero, de forma que haverá possibilidades de ocorrer vítimas fatais, com ferimentos e danos. Portanto, os critérios de desempenho funcionam como parâmetros para avaliar se as medidas de segurança atendem aos objetivos propostos, refletindo-os de uma maneira quantitativa, além de ser uma forma de mensurar as consequências que precisam ser evitadas (CUSTER; MEACHAM, 1997).

CrITÉRIOS de desempenho consistem em valores-limite ou um intervalo de valores resultantes dos objetivos de projeto a serem utilizados para desenvolver e avaliar as estratégias de projeto (*trial design*). Assim, podem abranger temperaturas dos materiais e da camada de fumaça, níveis de concentração e visibilidade de fumaça e gases tóxicos, níveis de calor radiante e de monóxido de carbono, por exemplo (SFPE, 2000).

Os critérios de desempenho incluem, com relação à (SFPE, 2000):

Vida humana

- efeitos térmicos – exposição à radiação térmica da fumaça e dos gases quentes provocam lesões e ferimentos;
- toxicidade (concentração de gases tóxicos) – como resultado da inalação de produtos da combustão, reduzem a capacidade de tomada de decisões, prejudica a atividade motora e conduz à incapacidade física ou à morte;
- visibilidade – a fumaça pode afetar a capacidade de os ocupantes saírem de forma segura do edifício;
- temperatura do ar e distância da camada de fumaça até o piso (altura do colchão de fumaça).

Edificação

- efeitos térmicos – a energia recebida por convecção, condução ou radiação pode provocar deformações, derretimento e outros efeitos;
- propagação do incêndio – ventilação e correntes de ar aumentam ou reduzem a capacidade de propagação do fogo;
- prejuízos relativos à fumaça – os derivados dos produtos de combustão podem ser corrosivos;
- prejuízos relativos às barreiras e à integridade estrutural;
- prejuízos à edificação exposta – critérios para evitar ou limitar os prejuízos ou a propagação do incêndio.
- prejuízos ao meio ambiente – limitar o impacto das operações de combate ao incêndio ou limitar a liberação dos produtos de combustão para o meio ambiente.

O Quadro 2.3 exemplifica uma parte do processo do PBD, com relação às definições das metas de segurança, dos objetivos do cliente, objetivos de projeto e dos critérios de desempenho.

	META DE PROTEÇÃO CONTRA INCÊNDIO	OBJETIVOS DOS PARTICIPANTES	OBJETIVO DE PROJETO	CRITÉRIO DE DESEMPENHO
EXEMPLO 1	Minimizar os prejuízos relacionados com o incêndio e prevenir perdas excessivas de vidas humanas	Não deve haver perda de vida humana externamente ao compartimento de origem do incêndio	Prevenir o <i>flashover</i> no ambiente de origem do incêndio	O nível de monóxido de carbono (CO) no sangue não deve exceder a 12% e a visibilidade deve ser > 7m no tempo necessário para o escape
EXEMPLO 2	Minimizar os prejuízos relacionados com o incêndio ao edifício, seu conteúdo e suas características históricas	Não deve haver prejuízos térmicos significantes fora do compartimento de origem do incêndio	Minimizar a probabilidade de propagação do incêndio para além do compartimento de origem	A temperatura da camada superior não deve ser superior a 200°C
EXEMPLO 3	Minimizar os impactos do incêndio e perdas excessivas nas atividades de produção	O tempo para os serviços de manutenção não deve exceder a 8 horas	O limite da exposição à fumaça do objeto-alvo (por exemplo, equipamento principal) deve ser menor do que poderia resultar em prejuízos inaceitáveis	O nível de cloreto de hidrogênio (HCl) não deve exceder a 5ppm e partículas sólidas não devem exceder a 0,5g/m ³
EXEMPLO 4	Limitar os impactos ambientais do incêndio e das medidas de proteção adotadas	Não deve haver contaminação do lençol d'água	Fornecer meios adequados de captação da água de combate	Criar reservatório com capacidade de 20% para captação da água de combate

Quadro 2.3 Exemplo genérico das metas de proteção contra incêndio, objetivos dos clientes/participantes, objetivos de projeto e critérios de desempenho

Fonte: SFPE, 2000

e) cenários de incêndio e incêndios de projeto

Definir os cenários de incêndio apropriados para a análise do projeto é um aspecto crucial. Os cenários selecionados exercem uma forte influência em todos os aspectos, bem como representam os dados para grande parte do processo de quantificação.

Os cenários de incêndio consistem em uma descrição de como o incêndio pode se iniciar, desenvolver-se e propagar-se em uma determinada situação, considerando desde as circunstâncias que precedem a ignição, as possibilidades e o mecanismo de alastramento e os prejuízos resultantes, incluída a interação do incêndio com os ocupantes, o meio ambiente e os sistemas de segurança contra incêndio.

Há alguns fatores que influenciam diretamente o desenvolvimento do incêndio, quando se busca definir um possível cenário de incêndio, tais como (SFPE, 2000):

- caracterizar a fonte de ignição (temperatura, energia, tempo e área de contato com os potenciais materiais combustíveis);
- materiais de ignição principais e secundários;
- localização do provável início de incêndio;
- efeitos da geometria do ambiente (pé-direito, aberturas);
- efeitos da situação inicial de portas e janelas;
- efeitos da ventilação natural e mecânica;
- tipo de construção e materiais de acabamento;
- forma de intervenção (ação dos próprios ocupantes, dos sistemas de extinção e das equipes de combate do Corpo de Bombeiros).

Antes, porém, de analisar e desenvolver os cenários de incêndio é necessário reunir algumas informações das características pré-incêndio, relacionadas com o edifício, com os ocupantes e com o próprio incêndio. Essas informações afetam a possibilidade de ocorrência de incêndio, com relação ao seu desenvolvimento, à sua propagação e à extensão dos possíveis danos (SFPE, 2000):

Características da edificação (afetam a desocupação dos ocupantes, o crescimento e a propagação do incêndio, e a movimentação dos produtos de combustão):

- características arquitetônicas;
- componentes estruturais;
- sistemas de proteção contra incêndio (proteções ativas e passivas);
- serviços de apoio;
- características operacionais;
- resposta da brigada de incêndio;
- fatores ambientais.

Características dos ocupantes (determinação da capacidade de resposta e escape dos ocupantes durante uma emergência):

- número de ocupantes;
- distribuição e concentração no edifício;

- estado de alerta (dormindo ou acordado);
- familiaridade com o edifício – relação de conhecimento do ocupante com o edifício;
- capacidades físicas e mentais (mobilidade);
- condições físicas e psicológicas.

Características do incêndio (descrevem o histórico de um cenário):

- fontes de ignição;
- crescimento;
- *flashover*;
- desenvolvimento completo;
- extinção.

Em função das várias possibilidades de cenários de incêndio em um edifício, é necessário reduzi-los a um número razoável, de forma que a escolha seja feita considerando a variação dos cenários mais críticos nos quais apenas os aspectos mais significativos dos cenários de incêndio devem ser quantificados.

Os **cenários de incêndio** consistem em uma descrição qualitativa de um determinado incêndio em função do tempo de escape e das condições específicas daquele espaço. Para se avaliar, em um momento posterior, se as estratégias de projeto atendem aos critérios de desempenho, é preciso que, em função dos cenários analisados, haja uma base comparativa em termos numéricos.

Para isso, são desenvolvidos os **incêndios de projeto**, que consistem em uma descrição numérica de um cenário de incêndio específico, por meio da quantificação da liberação de calor. Deve-se desenvolver, pelo menos, um incêndio de projeto para cada cenário de incêndio selecionado. Para selecionar ou rejeitar um incêndio de projeto, deverá ser usada uma base determinística e/ou probabilística além do levantamento das hipóteses e limitações.

A forma mais comum de caracterizar o incêndio de projeto é por meio das curvas de incêndio de projeto¹⁷ (Figura 2.14). Essas curvas auxiliam a caracterização do incêndio

¹⁷ Outra forma de quantificar a taxa de liberação de calor é o modelo t^2 , que aumenta com o quadrado do tempo. Consiste em curvas exponenciais do crescimento do incêndio.

de projeto por meio das fases de ignição, crescimento, *flashover*, desenvolvimento, declínio e extinção, relacionando a taxa de liberação de calor e o tempo.

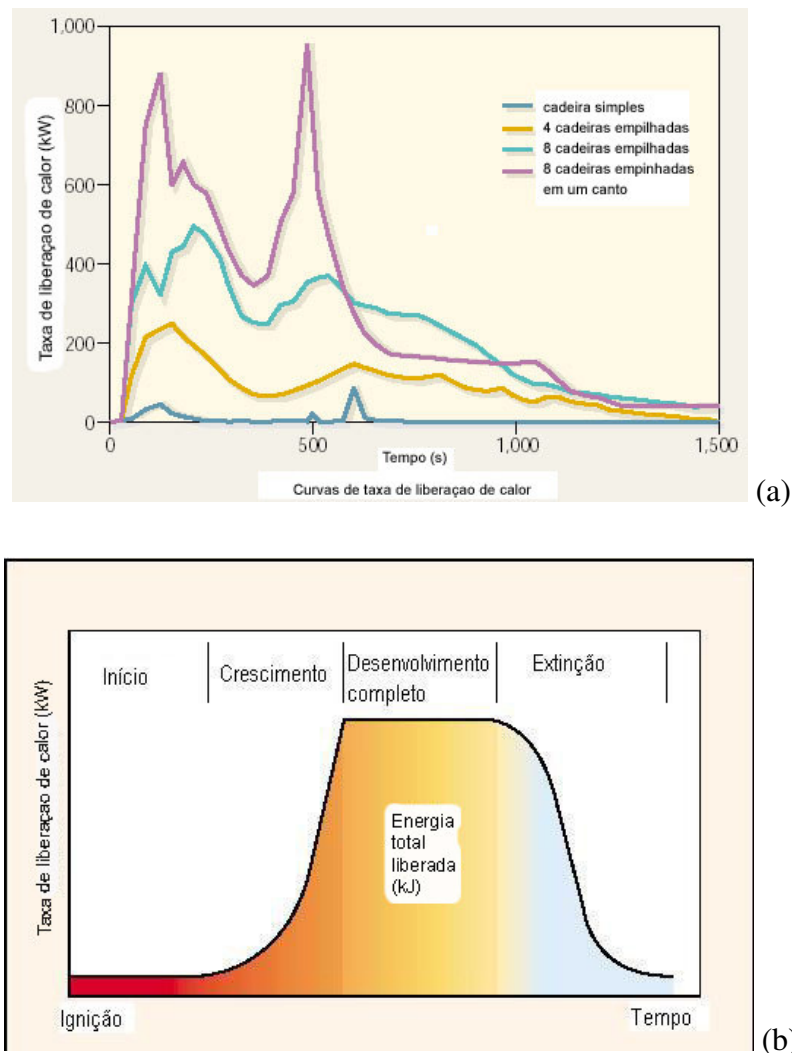


Figura 2.14 Curvas de incêndio de projeto e de taxa de liberação de calor

Fonte: (a) Quiter e Custer, 2002; (b) FIRE..., 2002

Os resultados das curvas de incêndio deverão ser utilizados como dados de entrada para a modelagem computacional, a qual avalia a visibilidade através da fumaça e o nível de concentração de gases tóxicos (QUITER; CUSTER, 2002).

Gerar as curvas de incêndio exige um certo conhecimento sobre a taxa de queima dos objetos ou a combinação de todos os objetos envolvidos, cujos dados podem ser obtidos a partir da literatura, de testes realizados em equipamentos específicos (calorímetros) ou de testes em escala real (SFPE, 2000).

Os incêndios de projeto devem incluir algumas características importantes, tais como (CUSTER; MEACHAM, 1997):

- Q_{do} – taxa de liberação de calor;
- Q_{cri} – taxa de liberação de calor do ponto crítico do incêndio (leva em conta o atraso na detecção do incêndio e fatores de segurança);
- condições-limite dos danos;
- primeiro objeto a ser incendiado; presença de produtos combustíveis adicionais; tempo do envolvimento completo do ambiente no incêndio; propagação para além do ambiente de origem; tempo de combustão constante; momento de declínio do incêndio;
- demonstração de que os incêndios de projeto, com suas características específicas, representam os cenários de incêndios mais prováveis.

O exemplo seguinte ilustra a composição de um cenário de incêndio (SFPE, 2000): em uma sala de espera de um hospital, o incêndio se inicia devido ao lançamento de cigarro em uma lixeira e a queima por vários minutos eventualmente conduz à ignição de todo seu conteúdo. O fogo irradia energia suficiente para provocar a ignição de um sofá constituído de madeira e espuma de poliuretano, muito próximo à lixeira. O fogo se desenvolve o suficiente para atingir um armário de madeira adjacente ao sofá, fornecendo calor suficiente para causar o *flashover* no ambiente. Devem ser considerados também os ocupantes que não são pacientes (visitantes, por exemplo), pois não são familiares com as saídas e com os procedimentos de desocupação.

f) desenvolvimento das estratégias de projeto (*trial design*)

Depois de definidas todas as informações relativas às metas e objetivos esperados, aos critérios de desempenho, aos cenários de incêndio e aos incêndios de projeto, são propostas algumas estratégias de projeto (*trial design*).

Os incêndios de projeto e as curvas de incêndio são utilizados para avaliar as estratégias de projeto comparando-se com os critérios de desempenho estabelecidos, servindo de base para sua seleção ou rejeição.

As estratégias são desenvolvidas em função das curvas de incêndio de projeto para cada cenário selecionado. Para obter uma solução de projeto definitiva, é provável que uma

ou mais estratégias possam ser desenvolvidas, a partir da manipulação de alguns itens, por exemplo (BSI DD240, 2001):

- controle sobre os materiais (carga de incêndio);
- sistema de detecção e extinção automática;
- detecção;
- compartimentação;
- controle de fumaça;
- sistemas de alarme;
- desocupação;
- rotas de escape;
- serviços de bombeiros;
- estratégias para controle da segurança (manutenção).

É preciso que a equipe tenha experiência e conhecimento técnico suficientes para identificar as estratégias que proporcionem uma relação de custo/eficiência satisfatória e que, conseqüentemente, atendam aos objetivos e critérios estabelecidos, bem como eliminar as possíveis estratégias que representem problemas de projeto, construtivos ou operacionais.

O objetivo é demonstrar que, no cenário de incêndio estudado, o critério de desempenho não será excedido. Assim, cada estratégia é avaliada utilizando os cenários de incêndio, mas apenas as estratégias que atenderem ao critério de desempenho serão consideradas soluções prováveis e, dentre elas, uma única deverá ser selecionada.

II. Análise quantitativa: planejamento estratégico

A análise quantitativa é o processo pelo qual se avalia a adequação das estratégias de projeto com relação aos critérios de desempenho anteriormente estipulados. Ou seja, os valores produzidos pelos incêndios de projeto e transformados em estratégias (possíveis soluções de projeto) não devem exceder aos dos critérios de desempenho e, por conseguinte, às metas e objetivos do cliente.

Se a estratégia atende ao critério, o projeto é aceito como uma alternativa válida, repetindo-se esse processo até que todas as estratégias tenham sido avaliadas. Se a avaliação apresentar resultado negativo, deve-se modificar a estratégia de projeto ou os

objetivos, levando-se em conta o fator econômico ou o técnico. Pode haver a possibilidade de todas as estratégias serem consideradas inaceitáveis; então, devem-se reavaliar os objetivos, como ponto inicial do processo.

A literatura disponível (BSI DD240, 2001; FIRE..., 1996) orienta que as estratégias de projeto sejam divididas em subsistemas a fim de simplificar a análise. Cada subsistema, por sua vez, possui uma série de fatores que devem ser considerados e que auxiliam na caracterização do incêndio. O uso dos subsistemas depende do projeto a ser desenvolvido, do nível de segurança e dos objetivos exigidos. Os subsistemas (SS) e os respectivos fatores englobam:

SS1 – Origem e desenvolvimento do incêndio dentro do compartimento:

- taxa de liberação de calor;
- taxa de produção de fumaça;
- taxa de produção dos efluentes do incêndio (fumaça e gases tóxicos);
- tamanho e temperatura das chamas;
- temperatura dentro do compartimento;
- tempo até o *flashover*;
- área de ação do incêndio.

SS2 – Movimento dos efluentes do incêndio dentro e além do compartimento:

- características da fumaça: fluxo de massa e volume, temperatura, velocidade, densidade óptica e concentração de partículas e gases;
- métodos de controle da fumaça: contenção, liberação, diluição, exaustão e pressurização;
- técnicas de modelagem.

SS3 – Propagação do incêndio para a área externa de origem e resposta estrutural:

- mecanismo de propagação do incêndio: radiação, movimento de gases quentes, propagação das chamas através da superfície combustível, colapso das barreiras;
- condições da severidade do incêndio: ensaio-padrão; incêndio de projeto;
- resposta estrutural: resposta do material, elementos individuais, interação entre dois ou mais elementos, resposta de toda a estrutura.

SS4 – Detecção, ativação e extinção:

- detecção do incêndio;
- ativação do dispositivo de controle do incêndio: chuveiros automáticos, exaustores, portas com fechamento automático;
- notificação da brigada de incêndio.

SS5 – Ação da brigada de incêndio:

- tempo de chegada;
- tempo de intervenção;
- capacidade de extinção;
- reforço da capacidade de combate;
- tempo de controle do incêndio.

SS6 – Fator humano:

- parâmetros físicos do escape: tempo do percurso, tempo de fluxo;
- parâmetros psicológicos do escape: tempo de pré-movimentação, tipo do sistema de alerta;
- tempo de escape;
- limite de tolerância humana: visibilidade, produtos de combustão tóxicos e irritantes, calor radiante, temperatura do ar.

SS7 – Avaliação quantificada do risco:

- frequência com que o incêndio pode ocorrer;
- probabilidade de falha do sistema de proteção contra incêndio;
- nível de risco associado com o conteúdo e os ocupantes do edifício;
- avaliação das incertezas nos cálculos determinísticos.

A forma e o nível da análise devem ser decididos pela equipe de projeto em função do grau de detalhamento ou sofisticação esperados. Entretanto, o nível de avaliação necessária ao projeto é função de alguns fatores, como (SFPE, 2000):

- complexidade da edificação;
- nível de interação entre os subsistemas;
- tipo de critério de desempenho;

- nível de conhecimento sobre as incertezas;
- relação custo/benefício;
- experiência profissional.

Independente dos detalhes técnicos, os cálculos executados na análise do projeto de segurança contra incêndio baseado em desempenho podem ser feitos, basicamente, de duas formas (HADJISOPHOCLEOUS; BENICHOU, 1999):

Análise probabilística – o objetivo é estimar os níveis de risco usando a probabilidade de um incêndio ocorrer e suas conseqüências potenciais (vítimas, danos, etc.) para o edifício como um todo. Os níveis de risco, calculados usando os métodos de avaliação probabilística de risco, são comparados com os critérios de desempenho, em termos de níveis aceitáveis de risco, para determinar se o projeto proposto é aceitável.

Análise determinística – baseia-se nas relações físicas extraídas das teorias e dos cálculos científicos dos elementos individuais. Os métodos determinísticos são usados para calcular, por exemplo, o crescimento do incêndio, a propagação da fumaça, o comportamento estrutural e a desocupação dos ocupantes. Os resultados desses cálculos são, então, comparados com os critérios estabelecidos para se determinar se o projeto é aceitável.

A análise quantitativa permite três formas de avaliação, com ordem crescente de complexidade (SFPE, 2000):

- a) por meio de uma simples análise comparativa, pode-se demonstrar que um determinado componente ou **subsistema** utilizado no contexto do PBD possui um desempenho equivalente àquele especificado pela norma prescritiva. Por exemplo: usa-se avaliar um sistema alternativo de detecção de incêndio, diferente daquele especificado pela norma;
- b) em um nível mais amplo do desempenho de um **sistema**, avaliam-se os critérios de desempenho adotados por meio de uma análise comparativa ou pela análise de projeto. Essa avaliação do sistema é mais complexa do que a avaliação de um de seus componentes ou subsistemas, pela necessidade de se levar em consideração a interação entre eles. Por exemplo, propõe-se um sistema de controle de fumaça para um átrio com critérios de desempenho diferentes daqueles especificados pelas normas. Nesse caso, o

engenheiro deve analisar as várias questões relacionadas com o incêndio e com a segurança humana, como a taxa de propagação e desenvolvimento de fumaça; tempo de detecção e extinção; desempenho do sistema de controle da fumaça e o escape dos ocupantes. Essa análise envolve um número grande dos sistemas de proteção contra incêndio e, portanto, exige uma avaliação mais ampla do desempenho desse sistema.

c) a avaliação do desempenho do **edifício** considera que os diversos sistemas de proteção contra incêndio interagem com o edifício como um todo. Essa forma de análise é apropriada para edificações complexas e altamente inovadoras, nas quais um estudo mais aprofundado (tipicamente probabilístico) poderá conduzir a um melhor entendimento sobre os riscos, à resolução dos problemas de projeto mais complexos e à solução econômica cujo potencial for mais significativo.

III. Seleção / desenvolvimento do projeto definitivo

A seleção do projeto definitivo é um processo iterativo no qual, dentre todas as estratégias que obtiverem uma avaliação satisfatória, deve-se selecionar uma delas para que o projeto final seja finalmente desenvolvido.

Para que a estratégia de projeto seja selecionada e desenvolvida como a melhor solução de projeto, devem ser analisados alguns fatores, como: custo, tempo de resposta das instalações (eficiência e confiabilidade), sistemas e materiais disponíveis no mercado, facilidade de instalação, manutenção e utilização (SFPE, 2000).

As especificações e o detalhamento do projeto definitivo transmitem aos projetistas e usuários como o projeto será executado. Assim, a transformação de um conceito de projeto em um documento de referência para a construção é de suma importância. Os projetos detalhados representam graficamente os resultados de todo o processo desenvolvido segundo as etapas do PBD. No detalhamento, podem estar incluídas algumas informações, como larguras das saídas requeridas, características construtivas de resistência ao fogo, localização dos dispositivos de proteção contra incêndio e o projeto dos sistemas de proteção contra incêndio (SFPE, 2000).

Estando desenvolvido o projeto (desenhos, especificações técnicas e todos os elementos necessários), deve-se preparar o relatório formal em que constarão todas as etapas da análise do PBD: hipóteses, ferramentas, métodos utilizados e os resultados.

IV. Documentação do projeto

A última etapa do processo de projeto é a elaboração de toda a documentação do projeto, dos equipamentos a serem utilizados e das especificações das instalações.

Toda a documentação gerada em todo o processo é de vital importância para que ele seja aprovado legalmente e conduza à sua implementação. Ela também garante que todas as partes envolvidas compreendam o que é necessário para a implementação do projeto, manutenção e continuidade das medidas de proteção. Uma documentação insuficiente, por outro lado, pode acarretar sérios prejuízos ao sistema.

A documentação inclui o relatório de projeto, o conjunto de desenhos e especificações detalhadas, além dos manuais de operação e manutenção do edifício. Deve ser desenvolvida de forma breve e concisa, utilizando um vocabulário de fácil compreensão e que garanta que as informações não sejam perdidas ou mal interpretadas.

O formato do relatório ou memorial de projeto pode variar em função do escopo do projeto, mas, de uma forma geral, inclui (CUSTER; MEACHAM, 1997; HADJISOPHOCLEOUS; BENICHO, 2000):

- descrição de todos os participantes do processo, função, interesses representados, qualificação dos profissionais e responsabilidades no processo;
- descrição das características do edifício (construção, reforma, mudança de ocupação);
- informações sobre o contexto (limitações funcionais do local ou da edificação, descrição da análise de riscos);
- metas e objetivos do processo;
- critérios de desempenho;
- desenhos (mapas, figuras, detalhes);
- cenários de incêndio;
- uma ou mais estratégias de projeto (descrição dos incêndios de projeto, o motivo da seleção ou rejeição);
- hipóteses, ferramentas de projeto utilizadas, métodos utilizados e os resultados;
- referências técnicas;
- alternativas de projeto.

NORMALIZAÇÃO BRASILEIRA: ASPECTOS GERAIS E ANÁLISE DA PRESCRITIVIDADE

3.1 Aspectos da normalização

3.1.1 Contexto histórico

A atividade de normalização acompanha a civilização muito antes de ela se constituir formalmente. A necessidade da comunicação oral dos homens das cavernas fez com que determinados sons padronizados estivessem associados a objetos ou ações. A padronização de comportamentos sociais também foi imprescindível para a vida em grupo. Para que as primeiras atividades comerciais ocorressem, foi necessário estabelecer determinados padrões de valor para pesos e medidas voltados à fabricação de moedas e às trocas comerciais.

Com a Revolução Industrial, a indústria artesanal sofreu uma grande transformação no sentido de padronizar sua produção. Com a máquina a vapor, foi preciso estabelecer critérios e tolerâncias para as medições. Como decorrência natural da uniformização de pesos e medidas ocorrida no final do século XIX e do impacto da tecnologia sobre o processo produtivo, os países industrializados perceberam as vantagens técnicas e econômicas da padronização de produtos e processos industriais. Assim, a experiência internacional da normalização envolveu a ação do Estado, estabelecendo normas compulsórias; das indústrias, que buscavam um consenso no processo produtivo e das entidades e associações profissionais interessadas na defesa do consumidor. Essa relação ocorria de forma diversificada e particular, em função das circunstâncias e realidade de cada nação (SOUTO, 1991).

Nesse contexto, foram sendo criadas organizações representativas da normalização nacionais, como a *American National Standards Institute* (ANSI) – EUA, 1918; *Deutsch Institut fur Normung* (DIN) – Alemanha, 1917; *British Standards Institution*

(BSI) – Grã-Bretanha, 1901 e *Association Française de Normalisation* (AFNOR) – França, 1901. Com a ampliação das vantagens e a economia obtidas com a normalização nacional, foi criado, em 1906, o *International Electrotechnical Commission* (IEC), como experiência internacional específica de normas técnicas voltadas para o setor elétrico (DIAS, 1998).

Somente na Segunda Guerra Mundial, lançaram-se as bases para a normalização no plano internacional, como parte do esforço de uniformização de equipamentos militares e suprimentos. Com o propósito de facilitar a coordenação internacional e harmonizar as normas industriais, facilitando o comércio internacional, foi criada a *International Organization for Standardization* (ISO), em 1947. Assim, com essa nova entidade, a IEC passou a se constituir a divisão de eletricidade da ISO, além de reunir as várias instituições internacionais responsáveis pela normalização (DIAS, 1998).

Foi na década de 60 que a normalização internacional ganhou um forte impulso, tendo como um dos fatores determinantes a revolução dos meios de transportes. Dantas (1995) aponta algumas razões para isso:

- o desenvolvimento de empresas multinacionais, cujas atividades encontravam dificuldades em razão do conflito com normas nacionais;
- o interesse das autoridades governamentais para estabelecer uma plataforma técnica internacional de regulamentos não conflitantes;
- a criação de institutos de normalização em vários países em desenvolvimento;
- a ampliação crescente das atividades da ISO;
- o reconhecimento de organizações internacionais da necessidade de regras em questões técnicas.

Atualmente, com o fortalecimento dos blocos econômicos internacionais, o desenvolvimento dos países e suas organizações nacionais, sub-regionais, regionais e internacionais (por exemplo: Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), Associação Mercosul de Normalização (AMN), Comissão Pan-Americana de Normas Técnicas (COPANT) e ISO, respectivamente), há toda uma preocupação com as chamadas barreiras técnicas ao comércio, que impedem o crescimento do comércio internacional e o livre intercâmbio de produtos e serviços em escala global.

Na verdade, as normas técnicas não são, em si mesmas, barreiras técnicas, embora possam vir a constituir obstáculos sempre que um país não conseguir superar seus desafios de ordem tecnológica ou de mercado. Assim, buscam-se, cada vez mais, ações harmônicas das entidades de normalização em âmbito internacional, de forma que a normalização tem sido peça-chave nos processos de integração econômica e formação de blocos. Portanto, torna-se necessária toda uma estrutura de normalização internacional para oferecer suporte à intensa demanda do comércio (produtos e serviços), viabilizando a necessidade de se reduzir tempo e custo na elaboração de normas (MCT, 2001).

Portanto, a participação de um país no comércio internacional passa por estratégias e infra-estrutura de serviços tecnológicos disponíveis em termos de metrologia, normalização e avaliação da conformidade. Esses três sistemas devem e precisam impulsionar as atividades comerciais, não como barreiras técnicas, mas sim como ferramentas para a construção de relações comerciais, resultado de acordos de reconhecimento mútuo entre os países.¹⁸ É por isso que a normalização desempenha um papel importante no contexto atual, refletindo “[...] o estado-da-arte do conhecimento aplicado e estando em constante evolução” (MCT, 2001, p. 42). Os sistemas de metrologia, normalização e avaliação da conformidade tendem a possuir uma base científica com um alto grau de complexidade, na qual as atividades de normalização, em particular, tendem a ser cada vez mais relativas ao desempenho e menos prescritivas (MCT, 2001).

Com relação ao contexto brasileiro, as atividades de normalização receberam atenção das autoridades somente no final da década de 30, quando foi necessária a padronização das compras governamentais, além da própria criação da ABNT, em 1940. Dias (1998) relata que o processo de desenvolvimento da normalização brasileira foi extremamente difícil, marcado pelo descaso governamental, pelo pouco interesse do setor privado, que não esperava grande retorno dos gastos no processo de normalização e pela tendência de importação de normas técnicas junto com a tecnologia pelas grandes empresas e

¹⁸ Um desses acordos relacionados com a eliminação de barreiras técnicas é o Acordo de Barreiras Técnicas ao Comércio (TBT), acordo multilateral elaborado na Conferência do Uruguai e gerenciado pela Organização Mundial do Comércio (OMC), instituindo medidas de proteção nas áreas de normalização e regulamentação técnica, incluindo avaliação de conformidade e metrologia.

multinacionais. Segundo o autor, entre 1940 e 1971, apenas 545 normas técnicas foram registradas e 750 encontravam-se em estágio experimental, além de as comissões técnicas, formadas por representantes do Governo, empresários e consumidores, continuarem a manter baixo nível de atividades, de forma que, “Nessas condições, a história da ABNT, sem apoio do governo e pouco interesse do setor privado, foi sempre a história de um recorrente e heróico esforço de abnegados, como resultados sempre aquém das necessidades do país” (DIAS, 1998, p. 167).

Pela Lei nº 5.966, de 11 de dezembro de 1973, o Governo Federal criou o Sistema Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial (SINMETRO),¹⁹ com o objetivo de formular e executar a política nacional de metrologia, normalização industrial e certificação de qualidade de produtos industriais, configurando definitivamente o perfil industrial do Brasil.

Até o final da década de 70, o contexto econômico do País condicionava que as atividades de normalização deveriam adquirir um novo ritmo, a partir da reestruturação da ABNT. Assim, os projetos envolviam produtos para os setores siderúrgicos, mecânico, construção naval, aeronáutica, indústria têxtil e eletroeletrônico.

Já na década de 90, importantes acontecimentos conduziam o País para a reestruturação do sistema de metrologia e normalização brasileira. A abertura comercial, o choque da competição externa, a elaboração do Código de Defesa do Consumidor (Lei nº 8.078/90) e, principalmente, o Programa Brasileiro da Qualidade e Produtividade (PBQP) configuravam um novo ambiente econômico e social, no qual as exigências de qualidade e de normas técnicas compatíveis tornavam-se imperativas. No mercado interno, as técnicas de gestão da qualidade mostravam fonte de ganho de produtividade e a certificação tornou-se pré-requisito para o acesso aos mercados internacionais (DIAS, 1998).

Entretanto, na contramão dos acontecimentos e quase vinte anos após a promulgação da Lei nº 5.966/73, a normalização brasileira ainda sofria com o baixo nível de recursos

¹⁹ Atualmente, o SINMETRO é composto por uma rede de entidades públicas e privadas, cujos órgãos principais são o Conselho Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial (CONMETRO) (conselho normativo) e o Instituto Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial (INMETRO) (órgão executivo).

financeiros e humanos disponibilizados, além do reduzido número de normas, elevando a defasagem perante a normalização internacional.

Como exemplo dessa situação, Dias (1998) coloca que em 1991 foram emitidas 1.500 normas, em contraste com uma média de 500 ao longo dos anos 80. Isso foi fruto da excessiva centralização e da estrutura administrativa da ABNT, ainda sem condições de atuar em frente à demanda que lhe era exigida.

Diante disso, várias resoluções do CONMETRO foram criadas no sentido de descentralização e adequação à nova realidade, no contexto do PBQP, como a eliminação do registro das normas no INMETRO e da sua classificação como voluntária ou compulsória, levando o Código de Defesa do Consumidor como elemento de controle, ao definir como prática abusiva a venda de mercadoria ou serviço em desacordo com as normas expedidas pelo Governo ou por entidades credenciadas,²⁰ e a criação do Comitê Nacional de Normalização (CNN) e do Organismo de Normalização Setorial (ONS), com o objetivo de elaborar normas técnicas nos setores para os quais foram credenciados (DIAS, 1998).

Todas essas medidas apontaram um ajuste à demanda real pela norma, otimizando a organização da ABNT com a descentralização do processo normativo, além de contar com a parceria do setor privado e da sociedade em geral.

3.1.2 Estrutura da normalização brasileira²¹

Dentre as inúmeras definições de normalização, pode-se afirmar que consiste no

[...] processo de formulação e aplicação de regras para um tratamento ordenado de uma atividade específica, para o benefício e com a cooperação de todos os interessados e, em particular, para a promoção da economia global ótima, levando na devida conta condições funcionais e requisitos de segurança (SANDERS, 1984, p. 31).

A normalização consiste, ainda, no estabelecimento voluntário de padrões, regras e requisitos mínimos para produtos, processos e serviços, constituindo-se em um dos instrumentos para a organização da produção e racionalização dos mercados (MCT, 2001).

²⁰ Art. 39, VIII, da Lei nº 8.078, de 11 de setembro de 1990.

²¹ Os aspectos da normalização aqui discutidos referem-se à normalização de características predominantemente prescritivas, presente na maioria dos países.

Os objetivos a que a normalização se propõe consistem em (DANTAS, 1995):

- simplificação: redução da crescente variedade do procedimento e tipos de produtos;
- comunicação: proporciona meio eficiente para a troca de informação entre o fabricante e o cliente, melhorando a confiabilidade das relações comerciais e de serviços;
- economia: visa à economia global, tanto do produtor como do consumidor;
- proteção ao consumidor: um dos principais objetivos da normalização é a proteção da vida e da saúde;
- eliminação das barreiras comerciais: a normalização evita a existência de regulamentos conflitantes sobre produtos e serviços em diferentes países, facilitando o intercâmbio comercial.

Deve-se notar, entretanto, a distinção entre regulamentação e normalização. Enquanto a regulamentação é estabelecida pelo Poder Público e tem seu uso obrigatório, a normalização é de utilização facultativa, podendo se tornar obrigatória quando se constituir objeto de contrato, sendo estabelecida por entidades privadas (SOUTO, 1991).

De modo geral, a normalização está dividida em quatro níveis (Figura 3.1):

- a) internacional: destinada a uso internacional, é resultado da participação das nações com interesses comuns. Exemplo: normas da ISO e IEC;
- b) regional: destinada a uso regional, é elaborada por um limitado grupo de países de um mesmo continente. Exemplo: COPANT, AMN, CEN;
- c) nacional: destinada a uso nacional, é elaborada por um consenso entre os interessados em uma organização nacional reconhecida como autoridade no respectivo país. Exemplo: ABNT, DIN, BSI;
- d) empresa: de uso empresarial, tem finalidade de reduzir custos, evitar acidentes, etc. Exemplo: Petrobras; Eletrobrás.



Figura 3.1 Níveis hierárquicos das normas

Fonte: Disponível em: <http://www.normalizacao.cni.org.br/f_index.htm>. Acesso em: 29 nov. 2004

Como produto da atividade de normalização, a norma técnica consiste em um documento estabelecido por um organismo reconhecido que fornece, para uso comum e repetitivo, regras, diretrizes ou características para atividades ou para seus resultados, visando à obtenção de um grau ótimo de ordenação em um dado contexto. É estabelecida por consenso entre os diversos segmentos da sociedade (produtores, consumidores e neutros) e aprovada por um organismo reconhecido. O estabelecimento da normalização como uma linguagem comum para a sociedade é um processo complexo e envolve inúmeros aspectos da vida econômica, com implicações não apenas nos aspectos técnicos, mas nos campos políticos e sociais.

As normas técnicas brasileiras são classificadas, conforme sua finalidade, nos seguintes tipos (DANTAS, 1995):

- procedimento: fixa condições para execução de cálculos, projetos, obras e instalações;
- especificação: fixa condições básicas para aceitação ou recebimento de matérias-primas, produtos semi-acabados ou acabados;
- ensaio: prescreve a maneira de verificar ou determinar características, condições ou requisitos de um material ou produto, de uma obra ou instalação, de acordo com o projeto;
- padronização: restringe a variedade e uniformiza características geométricas, físicas ou outras, de elementos de construção, materiais, aparelhos, produtos industriais, desenhos e projetos;

- terminologia: define, relaciona e fornece equivalência em diversas línguas de termos técnicos, visando à uniformidade da linguagem;
- simbologia: estabelece convenções gráficas para conceitos, grandezas e sistemas;
- classificação: ordena, designa, distribui e subdivide conceitos, materiais ou objetos, segundo uma determinada sistemática.

A ABNT é o órgão responsável pela normalização técnica do País nos campos científico, técnico, industrial, comercial e agrícola. Entidade privada, sem fins lucrativos e reconhecida como Fórum Nacional de Normalização a partir de 1983, representa a reunião de todas as áreas técnicas especializadas que analisam e debatem propostas de projeto de norma até o consenso. É representante de entidades internacionais, como ISO e IEC, e das entidades regionais, COPANT E AMN. Foi reconhecida como órgão de utilidade pública em 1962.

Com relação à estrutura da normalização brasileira, existem os Comitês Técnicos de Normalização, que compreendem (Quadro 3.1):

- a) Comitês Brasileiros (CB): atualmente (2005), são 54 comitês que planejam, coordenam e controlam as atividades de elaboração das normas relacionadas com a respectiva área de atuação.
- b) Organismos de Normalização Setorial (ONS): organismo público, privado ou misto, sem fins lucrativos, que possuem atividades reconhecidas no campo de normalização em um dado domínio setorial, credenciado pela ABNT, segundo critérios do CONMETRO. Atualmente, a ABNT possui três ONS.

Em linhas gerais, o processo de elaboração de uma norma ocorre da seguinte forma:²²

1. a necessidade de criação ou revisão de uma norma é detectada;
2. o Comitê Brasileiro ou o Organismo de Normalização Setorial correspondente avalia o tema e inclui no seu Programa de Normalização Setorial (PNS);
4. a CE elabora um projeto de norma com base no consenso entre seus participantes;
5. o projeto de norma é submetido à consulta pública;

²² Disponível em: <<http://www.abnt.org.br>>. Acesso em: 18 nov. 2004.

Comitês Brasileiros	
ABNT/CB-01 Mineração e Metalurgia	ABNT/CB-29 Celulose e Papel
ABNT/CB-02 Construção Civil	ABNT/CB-30 Tecnologia Alimentar
ABNT/CB-03 Eletricidade	ABNT/CB-31 Madeiras
ABNT/CB-04 Máquinas e Equipamentos Mecânicos	ABNT/CB-32 Equipamentos de Proteção Individual
ABNT/CB-05 Automotivo	ABNT/CB-33 Joalheria, Gemas, Metais Preciosos e Bijuteria
ABNT/CB-06 Metro-Ferroviário	ABNT/CB-35 Alumínio
ABNT/CB-07 Navios, Embarcações e Tecnologia Marítima	ABNT/CB-36 Análises Clínicas e Diagnóstico <i>In Vitro</i>
ABNT/CB-08 Aeronáutica e Espaço	ABNT/CB-37 Vidros Planos
ABNT/CB-09 Gases Combustíveis	ABNT/CB-38 Gestão Ambiental
ABNT/CB-10 Química	ABNT/CB-39 Implementos Rodoviários
ABNT/CB-11 Couro e Calçados	ABNT/CB-40 Acessibilidade
ABNT/CB-12 Agricultura e Pecuária	ABNT/CB-41 Minérios de Ferro
ABNT/CB-13 Bebidas	ABNT/CB-42 Soldagem
ABNT/CB-14 Informação e Documentação	ABNT/CB-43 Corrosão
ABNT/CB-15 Mobiliário	ABNT/CB-44 Cobre
ABNT/CB-16 Transporte e Tráfego	ABNT/CB-45 Pneus e Aros
ABNT/CB-17 Têxteis e do Vestuário	ABNT/CB-46 Áreas Limpas e Controladas
ABNT/CB-18 Cimento, Concreto e Agregados	ABNT/CB-47 Amianto Crisotila
ABNT/CB-19 Refratários	ABNT/CB-48 Máquinas Rodoviárias
ABNT/CB-20 Energia Nuclear	ABNT/CB-49 Óptica e Instrumentos Ópticos
ABNT/CB-21 Computadores e Processamento de Dados	ABNT/CB-50 Materiais, Equipamentos e Estruturas <i>Offshore</i> - Petróleo e Gás Natural
ABNT/CB-22 Impermeabilização	ABNT/CB-52 Café
ABNT/CB-23 Embalagem e Acondicionamento	ABNT/CB-53 Normalização em Metrologia
ABNT/CB-24 Segurança contra Incêndio	ABNT/CB-54 Turismo
ABNT/CB-25 Qualidade	ABNT/CB-55 Refrigeração, Ar-Condicionado, Ventilação e Aquecimento
ABNT/CB-26 Odontomédico Hospitalar	ABNT/CB-56 Carne e do Leite
ABNT/CB-28 Siderurgia	ABNT/CB-57 Higiene Pessoal, Perfumaria e Cosméticos
Organismos de Normalização Setorial	
ABNT/ONS-27 Tecnologia Gráfica	
ABNT/ONS-34 Petróleo	
ABNT/ONS-51 Embalagem e Acondicionamento Plásticos	
ABNT/ONS-58 Normalização Setorial de Ensaios não-destrutivos	

Quadro 3.1 Relação dos CBs e ONSs que atualmente integram a ABNT

Fonte: Disponível em <<http://www.abnt.org.br/>>. Acesso: em 18 nov. 2004

6. as sugestões advindas dessa consulta são analisadas pela CE e o projeto de norma é aprovado e encaminhado à Gerência do Processo de Normalização da ABNT para homologação e publicação como Norma Brasileira;

7. a norma é encaminhada ao processo de venda.

Tanto os CBs como os ONSs mantêm suas comissões de estudo em atividade nas mais diversas áreas. As comissões de estudo são integradas voluntariamente por produtores, consumidores e neutros (universidades, laboratórios, centros de pesquisas e Governo).

Um outro passo para o desenvolvimento da normalização brasileira diz respeito à elaboração da norma: *Desempenho de edifícios habitacionais de até cinco pavimentos* (ABNT, 2004). Sob orientação do ABNT/CB-02 (Comitê Brasileiro de Construção Civil), esse projeto de norma trata de uma metodologia de avaliação de desempenho, de forma a analisar a adequação ao uso de um produto ou de uma técnica construtiva, independente da solução adotada. Divide-se em seis partes: Parte 1: requisitos gerais; Parte 2: estrutura; Parte 3: pisos internos; Parte 4: fachadas e paredes; Parte 5: coberturas; Parte 6: sistemas hidrossanitários.

Essa norma consiste, basicamente, em uma série de requisitos e critérios associados a métodos de avaliação para prever o comportamento potencial de sistemas construtivos habitacionais, quando submetidos a diversas condições de exposição, com a atribuição de níveis de desempenho: M – mínimo (obrigatório), I – intermediário e S – superior. Todos os itens da norma possuem requisitos, critérios, métodos de avaliação e níveis de desempenho. Os requisitos e critérios são estabelecidos a partir de exigências dos usuários em termos de:

- a) segurança: desempenho estrutural; contra incêndio; segurança no uso e operação;
- b) habitabilidade: estanqueidade; desempenho térmico; desempenho acústico; desempenho lumínico; saúde, higiene e qualidade do ar; funcionalidade e acessibilidade; conforto tátil – visual e antropodinâmico;
- c) sustentabilidade: durabilidade e manutenibilidade; adequação ambiental.

É preciso destacar, no entanto, a diferença entre essa iniciativa de norma brasileira e as normas de desempenho de que trata esta dissertação. O conjunto de normas *Desempenho de edifícios habitacionais de até cinco pavimentos* tem seu foco na

avaliação de desempenho de elementos, componentes ou sistemas construtivos, por meio de requisitos e critérios, ou seja, as exigências de desempenho se aplicam para os produtos finais. Por outro lado, as normas ou códigos de desempenho determinam níveis aceitáveis ou toleráveis de risco ou perigos para a sociedade em termos de saúde, segurança e bem-estar públicos, estabelecidos por meio de uma terminologia de metas ou políticas sociais, objetivos, exigências funcionais e de desempenho (SFPE, 2000), voltados para o edifício como um todo (projeto, usuário, materiais e componentes). As exigências baseadas em desempenho propõem objetivos explícitos de forma que a verificação do nível de segurança (por exemplo, contra incêndio) adotado para o edifício é feita utilizando ferramentas de cálculo e considerando as interações possíveis entre os produtos e sistemas.

3.1.3 Normalização brasileira de segurança contra incêndio

Conforme a investigação histórica sobre o processo de implantação da normalização brasileira, percebe-se que ela sempre esteve atrelada ao sistema de metrologia e qualidade industrial. Infelizmente, ela não foi considerada como uma das atividades importantes no País, tendo seu maior e mais expressivo desenvolvimento ocorrido muito recentemente (década de 90), em função de uma série de circunstâncias que vinham acontecendo no País naquele momento. Não foi fruto de um amadurecimento constante ao longo do tempo e nem recebia os investimentos necessários da esfera pública ou privada, o que não ocorre nos países em que há uma maior conscientização sobre a importância da normalização, onde as normas encerram conteúdo tecnológico e representam uma das maneiras menos onerosas de transferência de tecnologia.

As regulamentações brasileiras relativas à segurança contra incêndio também experimentaram um processo extremamente difícil e traumatizante para sua efetiva implantação. Não muito diferente do que ocorrera com algumas nações no passado, a conscientização e a preocupação dos órgãos públicos brasileiros com a implantação das medidas de segurança contra incêndio somente surgiram a partir dos grandes incêndios ocorridos, principalmente, em São Paulo, como os do Edifício Andraus (1972) e do Edifício Joelma (1974) com 6 e 189 vítimas fatais, respectivamente (CBPMESP, 2001b). Conforme Ono (1997), o número de incêndios é reflexo do nível de

desenvolvimento de um país; assim como quanto mais grave a situação econômica, menor o nível de exigência da sociedade.

Essas graves ocorrências influenciaram as regras estabelecidas pelo Poder Público, principalmente no âmbito do Corpo de Bombeiros. Entretanto, em São Paulo, algumas regras de segurança contra incêndio já existiam anteriormente a esses incêndios, porém eram muito simplificadas e se restringiam a requisitos para o uso de hidrantes e extintores (BERTO, 2002).

Em 1970, é instalada a Comissão Brasileira de Proteção contra Incêndio, como órgão responsável, dentro da ABNT, pela normalização do setor. Mas foi somente em 1990 que foi reformulada como Comitê Brasileiro de Segurança contra Incêndio, o CB24, com sede no Corpo de Bombeiros do Estado de São Paulo.

A produção das normas de incêndio (anos 80 e 90) voltava-se, particularmente, às especificações de materiais e aos sistemas de proteção, além de prescrições para treinamento e combate a incêndios.

Vale ressaltar, no entanto, que as normas atuais do CB24 que se relacionam com projeto, a NBR 14323:1999 – Dimensionamento de estruturas de aço de edifícios em situação de incêndio – e a NBR 14432:2000 – Exigências de resistência ao fogo de elementos construtivos de edificações – tiveram um nascimento tumultuado. Em 1994, o Corpo de Bombeiros da Polícia Militar do Estado de São Paulo (CBPMESP) publicou uma instrução técnica (IT) outorgando diretrizes para o projeto de estruturas metálicas, suprimindo a ausência de norma brasileira voltada para as estruturas de aço em situação de incêndio, o que no meio técnico provocou muita crítica por ser considerada muito rigorosa. Essa IT não incluiu recomendações para edificações de concreto, por haver uma norma de estruturas de concreto em situação de incêndio (NBR 5627:1980). A ABNT criou então, em 1996, uma Comissão de Estudos para conduzir a elaboração de textos-base normativos na área de segurança estrutural em incêndio. As propostas foram elaboradas com a participação de representantes do CBPMESP, de fabricantes de materiais de proteção, do IPT, de escritórios de projetos, de siderúrgicas e de universidades, tendo sido aprovadas a NBR 14323 em 1999 e a NBR 14432 em 2000 (SILVA, 2002).

A IT inicial de 1994 (geradora das NBRs) avançou consideravelmente e, após várias revisões, foi publicada em 2001 como IT 08, válida para o Estado de São Paulo.

A NBR 5627:1980 – Exigências particulares das obras de concreto armado e protendido em relação à resistência ao fogo – foi cancelada em 2001 e, posteriormente, foi elaborado um novo texto-base, levando à publicação da NBR 15200:2004 – Projeto de estruturas de concreto em situação de incêndio – norma específica de dimensionamento de estruturas de concreto armado, tendo como referência a normalização internacional (EUROCODE 2) adaptada à realidade brasileira (SILVA, 2002).

Atualmente,²³ a ABNT/CB24 possui 61 normas em vigor (ANEXO), cujo processo de normalização está sempre em constante revisão e atualização. Algumas normas se encontram no estado de projeto de norma, em consulta nacional ou aguardando publicação.

3.2 Prescritividade e desempenho

Em âmbito geral, as **normas prescritivas** podem ser definidas como um

Conjunto de exigências estabelecidas para um produto específico, com dimensões, formato e materiais constituintes perfeitamente definidos, com base na consagração do uso ao longo do tempo. Produtos regidos por normas prescritivas possuem características próprias que devem ser respeitadas no projeto e na construção, devendo-se adaptar os projetos às características do produto (e não o contrário) (ABNT, 2004, p. 9).

Ou ainda, em um contexto específico, como

Norma ou padrão que prescreve a segurança contra incêndio para um uso ou aplicação genéricos. A segurança contra incêndio é alcançada por meio de especificações de certas características construtivas, de limite de dimensões ou de sistemas de proteção sem referências sobre como tais exigências atendem às metas de segurança desejadas (SFPE, 2000, p. 9).

A regulamentação prescritiva descreve, portanto, como o edifício deve ser projetado, construído, protegido e mantido com relação às necessidades dos usuários relativas à saúde, à segurança e ao conforto. Essas normas prescrevem e especificam o que é exigido e como tais exigências devem ser atendidas. Na maioria dos casos, essa configuração conduz a soluções padronizadas para diferentes situações de projeto,

²³ Dados referentes a janeiro de 2005 (Fonte: Disponível em: <<http://www.abnt.org.br/cb24/>>).

prescindindo de uma análise global do nível de segurança requerido e da interação entre os sistemas de segurança utilizados (MEACHAM, 1997b).

Ratificando essa colocação, Lundin (2004) explica que as exigências prescritivas são detalhadas e geralmente estão relacionadas com medidas de segurança específicas, restritas à edificação em si e ao seu uso, produzindo efeitos na configuração física do edifício e nas atividades ali desenvolvidas. Além disso, a proteção contra incêndio geralmente é tratada de forma isolada de outras áreas técnicas e os objetivos de segurança geralmente não são explícitos.

Dessa forma, as sentenças prescritivas consistem em determinações relativas à segurança contra incêndio e estabelecem definições de materiais, métodos de cálculo, distâncias e dimensões, métodos de instalação e equipamentos de segurança. Ou seja, observam-se exigências mínimas ou máximas que são genéricas por ocupação, por exemplo, espaçamento para detectores e chuveiros automáticos, resistência mínima ao fogo (tempo mínimo de resistência) de elementos estruturais e construtivos e, ainda, distâncias máximas a percorrer (MEACHAM, 1997b). Como exemplo típico, a norma brasileira NBR 9077:1993 estabelece que, sob determinadas condições, a distância máxima a percorrer deve ser de 30m. Ou, ainda, que a largura mínima das saídas deve ser de 1,10m para as ocupações em geral (ABNT, 1993).

Por outro lado, **códigos baseados em desempenho** são definidos como um conjunto de “[...] normas ou padrões que definem especificamente suas metas de segurança contra incêndio e referencia os métodos aceitáveis que podem ser usados para demonstrar a concordância com suas exigências” (SFPE, 2000, p. 8). Assim, essas normas expressam exigências amplas para uma edificação ou sistema construtivo em termos de metas sociais, objetivos sociais e exigências de desempenho, sem que sejam mencionadas as soluções para alcançar tais exigências (SFPE, 2000).

As proposições dos códigos de desempenho qualificam os níveis de risco aceitáveis ou toleráveis sob o ponto de vista da sociedade. Nesse caso, as soluções não estão prescritas nas normas técnicas. É de responsabilidade técnica e ética do projetista decidir com qual nível de segurança irá trabalhar e, assim, demonstrar que sua solução atende aos objetivos requeridos. Essas soluções tanto podem incorporar métodos

prescritivos como se constituírem em soluções completamente inovadoras. Como exemplo, cita-se a norma *New Zealand Building Code* (DBH, 1992, p. 22), que propõe, no capítulo que trata dos **meios de escape**, os **objetivos** de “[...] (a) salvaguardar as pessoas dos danos advindos dos incêndios enquanto buscam um lugar seguro; (b) facilitar as operações de resgate”. Quanto às **exigências funcionais**, os meios de escape devem “[...] (a) fornecer às pessoas tempo adequado para que elas alcancem um lugar seguro sem que sejam surpreendidas pelos efeitos do incêndio; (b) fornecer às equipes de combate tempo adequado para realizar operações de resgate”. E com relação às **exigências de desempenho**,

[...] o número de aberturas disponíveis para cada pessoa escapar para uma rota de saída ou saída externa deve ser apropriado para: (a) a distância a percorrer; (b) o número de ocupantes; (c) o risco de incêndio; (d) os sistemas de segurança contra incêndio instalados. [...] as rotas de saída, devem ser: (a) de dimensões adequadas para o número de ocupantes; (b) livres de obstruções na direção do escape; (c) de comprimento apropriado à mobilidade das pessoas que as usar [...] (DBH, 1992, p. 22).

A filosofia das normas de desempenho aproxima-se mais do aspecto qualitativo, refletindo as necessidades sociais e o nível de comprometimento com a segurança contra incêndio. Toda fundamentação teórica que serve de base para a orientação das soluções projetuais encontra-se disponível em manuais ou documentos que contenham diretrizes específicas. Dessa forma, a norma de desempenho não é um fim em si mesma, mas um instrumento, um meio para que, juntamente com os manuais de prática e toda a estrutura de ferramentas de avaliação, seja constituído o sistema baseado em desempenho. Isso reside na capacidade do sistema e, especialmente, na capacidade de a norma promover o desenvolvimento tecnológico, pois, trabalhando-se com a premissa da liberdade de projeto, a incorporação de soluções inovadoras e adequadas às exigências determinadas torna-se inevitável.

Percebe-se, portanto, que quanto mais as especificações forem orientadas para o desempenho, maior será o grau de liberdade projetual e de tomada de decisões, condição para que soluções ou produtos inovadores sejam desenvolvidos otimizando a relação benefício/custo (Figura 3.2).

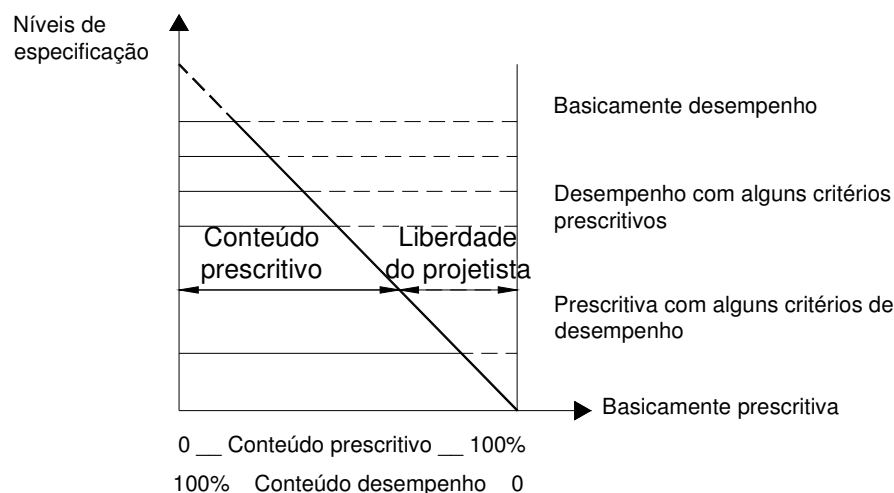


Figura 3.2 Relação entre prescritividade e desempenho

Fonte: Foliente, 2000

Reflexos dos seus fundamentos, os textos ou os *discursos* das normas prescritivas e de desempenho possuem características específicas e bem definidas que as distinguem. Com relação ao enfoque dado à linguagem, a definição do que *deve ser/ter* e *pode ser/ter* nos contextos prescritivo e de desempenho denota uma certa severidade ou liberdade restritiva. Por exemplo: a distância máxima **deve ser** de 30m ou as rotas de saída **devem ser** de dimensões adequadas para o número de ocupantes.

O uso de termos **adequado**, **apropriado** e **razoável**, por outro lado, permite ao projeto flexibilidade e fornece diretrizes gerais para a escolha do nível de segurança a ser adotado (CUSTER; MEACHAM, 1997). Exemplo:

[...] o revestimento das superfícies internas de paredes, pisos, tetos e elementos suspensos devem resistir à propagação do incêndio e limitar a produção de gases tóxicos, fumaça e calor a um nível apropriado com relação à distância a percorrer, ao número de ocupantes, ao risco de incêndio e aos sistemas ativos de proteção contra incêndio instalados na edificação (DBH, 1992, p. 24).

3.3 Análise da prescritividade

3.3.1 Objetivo, metodologia e análise

O objeto de análise da prescritividade ora apresentada refere-se a um conjunto de normas técnicas utilizadas no projeto de segurança contra incêndio de edificações. Os

objetivos consistem em verificar a viabilidade de implantação de sistemas de normas baseadas em desempenho no contexto brasileiro e avaliar os reflexos sobre a economicidade das soluções prescritivas de segurança contra incêndio, ao se identificar o quanto esses instrumentos interferem na tomada de decisão com relação à segurança contra incêndio e, particularmente, na liberdade e restrição projetuais.

Aplicou-se uma metodologia específica, tendo como base a atribuição de pesos de prescritividade a categorias de *comandos* ou *ações* de projeto determinadas pelo texto normativo. Foram consideradas normas técnicas elaboradas pela Associação Brasileira de Normas Técnicas²⁴ e instruções técnicas do Corpo de Bombeiros da Polícia Militar do Estado de São Paulo diretamente relacionadas com o processo de projeto de sistemas de segurança contra incêndio de edificações. Cabe aqui ressaltar que a expressão *normas técnicas* é empregada para definir o gênero ao qual pertencem as normas convencionais da ABNT e os regulamentos e instruções técnicas do CBPMESP.

O critério para a escolha das normas focalizou, principalmente, as **normas de procedimento** que, por sua natureza, determinam certas condições de projeto. Foram analisadas doze normas brasileiras (NBRs), especialmente as normas de incêndio do Comitê Brasileiro de Segurança contra Incêndio (ABNT/CB-24). A inclusão da NBR 9077/93, vinculada ao CB-02, se justifica pelo fato de ela ser considerada entre os profissionais de projeto a *norma-mãe*, que direciona toda e qualquer atividade projetual. No âmbito **estadual**, foram analisadas dez instruções técnicas²⁵ (ITs) do CBPMESP, pelo fato de se tratar de uma das regulamentações mais avançadas do País e cuja aplicação prevalece sobre as normas da ABNT, em vigor naquele Estado. O Quadro 3.2 apresenta a relação das normas ABNT e instruções técnicas analisadas.

Foram estabelecidos três graus de prescritividade com o objetivo de classificar as normas técnicas componentes do conjunto escolhido: grau I: baixa prescritividade; grau II: média prescritividade; grau III: alta prescritividade. O significado de cada um desses graus de prescritividade vem da noção de restrição à liberdade de projetar que a norma técnica impõe ao profissional de projeto. Em síntese, se o projetista está vinculado a

²⁴ A relação das normas utilizadas foi obtida em abril de 2004. Em julho de 2004, houve uma atualização. Fonte: <<http://www.abntdigital.org.br>>.

²⁵ A instrução técnica consiste em um documento técnico elaborado pelo CBPMESP que regulamenta as medidas de segurança contra incêndio nas edificações e áreas de risco (BRASIL, 2001).

materiais e métodos de cálculo específicos em todo o texto normativo, entende-se que o seu grau de prescritividade é alto. Se, por outro lado, a norma exige que se utilizem determinadas faixas de dimensões, determinados grupos de materiais e determinadas classes de métodos de cálculo, a prescritividade pode ser vista como mediana ou baixa, dependendo da extensão das restrições no texto normativo.

NORMAS CONVENCIONAIS - NBR	REGULAMENTOS ESTADUAIS - IT
<p>ABNT/CB-02</p> <p>9077/93 – Saída de emergência em edifícios – Procedimento. Considerou-se Norma Técnica nº 11 do Corpo de Bombeiros Militar do Estado do Espírito Santo, de 15 de abril de 2002</p> <p>ABNT/CB-24</p> <p>9441/98 – Execução de sistemas de detecção e alarme de incêndio – Procedimento</p> <p>10720/89 – Prevenção e proteção contra incêndio em instalações aeroportuárias – Procedimento</p> <p>10897/90 – Proteção contra incêndio por chuveiro automático – Procedimento</p> <p>10898/99 – Sistema de iluminação de emergência – Procedimento</p> <p>12285/92 – Proteção contra incêndio em depósitos de combustíveis de aviação – Procedimento</p> <p>13231/94 – Proteção contra incêndio em subestações elétricas convencionais, atendidas e não atendidas, de sistemas e transmissão – Procedimento</p> <p>13859/97 – Proteção contra incêndio em subestações elétricas de distribuição – Procedimento</p> <p>14880/02 – Saídas de emergência em edifícios – Escadas de segurança – Controle de fumaça por pressurização</p> <p>14925/03 – Unidades envidraçadas resistentes ao fogo para uso em edificações</p> <p>14323/03 – Dimensionamento de estruturas de aço de edifícios em situação de incêndio</p> <p>14432/00 – Exigências de resistência ao fogo de elementos construtivos de edificações – Procedimento</p>	<p>CBPMESP</p> <p>IT 07/01 – Separação entre edificações</p> <p>IT 08/01 – Segurança estrutural nas edificações – Resistência ao fogo dos elementos de construção</p> <p>IT 09/01 – Compartimentação horizontal e compartimentação vertical</p> <p>IT 11/01 – Saída de emergência em edificações</p> <p>IT 12/01 – Dimensionamento de lotação e saídas de emergência em recintos esportivos e de espetáculos artístico-culturais</p> <p>IT 15/01 – Controle de fumaça</p> <p>IT 18/01 – Iluminação de emergência</p> <p>IT 19/01 – Sistemas de detecção e alarme de incêndio</p> <p>IT 23/01 – Sistemas de chuveiros automáticos</p> <p>IT 38/01 – Proteção contra incêndio em cozinhas industriais</p>

Quadro 3.2 Relação das NBRs e ITs analisadas

Como meio para quantificar o grau de prescritividade, o método proposto consistiu no estabelecimento de classes de *ações* determinadas em normas que caracterizam conceitualmente a sua prescritividade. Uma *ação* ou um *comando* é conceituado como uma determinação normativa que vincula a atividade de projeto em certa extensão.

Portanto, uma *ação* ou um *comando* representa a imposição de limites a uma solução projetual. O exame do texto normativo permite identificar essas *ações* ou *comandos* que, inclusive, constituem o núcleo da rotina de projeto.

Nesta pesquisa, propõe-se o emprego de dois grupos de *ações* ou *comandos*, o grupo **f** e o grupo **g** que se encontram caracterizados no Quadro 3.3. As *ações* ou *comandos* constituintes do grupo **f** consistem em expressões que especificam exatamente um determinado campo de atuação do profissional de projeto. A especificação de um determinado método, de um determinado material (que a parede deva ser de concreto, por exemplo), de dimensões e distâncias (que a largura livre de uma passagem seja 1m, por exemplo) ou, ainda, a especificação dos tipos de dispositivos ou equipamentos de segurança, quantidade e local onde devam ser instalados (caso típico dos extintores e dos chuveiros automáticos) são cláusulas que prescrevem exatamente qual deve ser a ação do projetista. Já os *comandos* ou *ações* do grupo **g** estabelecem limites (que a distância a percorrer não deva exceder a 25m, por exemplo) ou, ainda, especificam uma classe de métodos de cálculo ou classe de materiais (que o material deva ser cerâmico, por exemplo).

Em ambos os grupos, **f** e **g**, o impacto prescritivo do *comando* ou *ação* determinada pela norma técnica é avaliado pela atribuição de pesos, tanto maiores quanto maior a vinculação imposta ao projetista. O Quadro 3.3 mostra ainda os pesos atribuídos nessa análise aos diferentes tipos de *comandos*. Considera-se que as *ações* constituintes do grupo **g** sejam mais brandas no seu impacto na restrição à liberdade de projetar, mas percebe-se que o grau de prescritividade de uma dada ação normativa, considerado isoladamente, não depende exclusivamente de sua pertinência a um grupo ou a outro. Por exemplo, observa-se que o peso atribuído a **g₁** é maior que aquele atribuído a **f₃**.

Para a atribuição de pesos, foram tomados por base os seguintes princípios: a) a determinação de materiais representa uma restrição projetual de maior impacto que a determinação do método de dimensionamento, que, por sua vez, tem prescritividade maior que a determinação de um método de execução; b) a determinação de uma classe de materiais vem a ser de maior impacto na liberdade projetual que a determinação de uma classe de métodos de dimensionamento, que, por sua vez, é mais restritiva que a determinação de uma classe de métodos executivos.

AÇÕES / COMANDOS NORMATIVOS			
GRUPO f	GRAU	PESO	DESCRIÇÃO
f1 – especifica material	alto	6	Definição clara da natureza do material (aço, concreto e outros)
f2 – especifica método de cálculo ou dimensionamento	médio	4	Indicação de uma fórmula ou de dimensionamento significa a adoção compulsória de um determinado método específico de projeto
f3 – especifica método de execução	baixo	2	Como determinado elemento ou sistema construtivo deve ser executado
f4 – especifica dimensões ou distâncias	alto	6	Define-se exatamente o valor numérico de dimensões e distâncias
f5 – especifica referências normativas	baixo	2	Ao especificar referências normativas, cria-se uma interdependência com outras normas prescritivas, uma vez que, ao utilizar uma norma, deve-se consultar uma série de outras normas necessárias ao cumprimento daquela
f6 – especifica elementos de projeto	baixo	2	Relacionam-se a uma série de informações que devem constar na apresentação do projeto (plantas baixas, cortes, diagramas, entre outras)
f7 – especifica métodos de instalação	alto	6	Como determinados elementos construtivos ou sistemas de proteção contra incêndio devem ser instalados
f8 – especifica dispositivos de segurança	alto	6	Refere-se a determinados equipamentos, tipos, quantidades e local a serem projetados. São considerados, no sentido mais amplo, extintores, saídas de emergência ou alarmes
f9 – especifica condições de resistência ao fogo	alto	6	Especificação de tempos de resistência ao fogo que determinados elementos devem possuir (exemplo: resistência das paredes de 2 horas)
f10 – especifica valor de grandeza	médio	4	Refere-se a condições específicas de projeto com relação a valores de grandeza, como diferencial de pressão. Esse fator não inclui valores que possam traduzir reações do corpo humano, como intensidade de radiação
GRUPO g	GRAU	PESO	DESCRIÇÃO
g1 – especifica classe dos materiais	alto	5	A definição do material não está explícita, apenas a classe a que ele pertence, por exemplo, materiais cerâmicos, betuminosos e outros
g2 – especifica classe dos métodos de cálculo ou dimensionamento	médio	3	Permite que o cálculo ou dimensionamento possa ser feito de formas diferenciadas, que não apenas de uma forma
g3 – especifica classe dos métodos de execução	baixo	1	Há possibilidade de escolhas para execução de determinados elementos ou sistemas construtivos
g4 – especifica limites para dimensões ou distâncias	alto	5	Faixa ou limites máximos/mínimos de valores para dimensões ou distâncias
g5 – especifica classe de referências normativas	baixo	1	_____
g6 – especifica classe de elementos de projeto	baixo	1	_____
g7 – especifica tipos de método de instalação	alto	5	Especifica possibilidades de escolhas para instalação de elementos construtivos ou sistemas de proteção contra incêndio
g8 – especifica classe dos dispositivos de segurança	alto	5	Abre possibilidades de escolhas entre os equipamentos de segurança e quantidade a serem utilizados
g9 – especifica limites para resistência ao fogo	alto	5	Faixa ou limites máximos ou mínimos para os tempos de resistência ao fogo
g10 – especifica limites dos valores de grandeza	médio	3	Faixa ou limites máximos ou mínimos para os valores de grandeza

Quadro 3.3 Relação dos tipos de *ações* ou *comandos* normativos e seus respectivos graus de prescritividade

Cada norma é avaliada isoladamente em primeiro lugar. Seja, por exemplo, uma norma técnica na qual se identifique um número C de *comandos* que deve ser pesquisado e classificado nos tipos \mathbf{f} ou \mathbf{g} , verificando-se a frequência F_j com que cada tipo de *comando* (\mathbf{f}_j ou \mathbf{g}_j) compõe o texto normativo. A cada tipo de comando corresponde um peso de prescritividade \mathbf{p}_j conforme o Quadro 3.3. Portanto, pode-se atribuir à norma considerada um **peso total de prescritividade**, \mathbf{P}_p , que se define por:

$$P_p = \sum_1^C (F_j p_j). \quad (1)$$

O peso total de prescritividade é um número absoluto e não tem maior significado, porque o número de *comandos* ou de *ações* determinado por uma norma varia, mas um **índice percentual de prescritividade absoluto**, \mathbf{I}_{pa} , de uma norma pode ser calculado imediatamente, considerando

$$I_{pa} = \frac{P_p}{6C}. \quad (2)$$

Desse modo, tem-se a informação de que, se uma norma emite C *comandos*, o \mathbf{I}_{pa} entre eles pode ser considerado de prescritividade alta, ou seja, pode significar grandes restrições à atividade projetual. Mas, em geral, sobre o projeto incidem simultaneamente as determinações de várias normas. Tomando como referência um conjunto de \mathbf{n} normas técnicas que totalizem N *comandos* ou *ações* de projeto, sendo \mathbf{P}_{pi} o peso total de prescritividade da norma \mathbf{i} , seu índice de prescritividade relativo, \mathbf{I}_{pri} , pode ser definido por:

$$I_{pri} = \frac{P_{pi}}{6N}, \quad i = 1, n. \quad (3)$$

Observa-se que, ao dividir o peso total de prescritividade, \mathbf{P}_p , da norma \mathbf{i} pelo produto do número de *comandos* pelo peso máximo de um *comando*, tem-se a quantificação do valor prescritivo daquela norma em relação ao valor prescritivo do conjunto das normas. Esse índice permite eliminar possíveis distorções referentes à quantidade de *comandos* e seus respectivos pesos de uma norma em relação às demais do conjunto.

Por exemplo, se, para o projeto de saídas de emergência, as normas envolvidas são as NBR 9077, 9441, 10897 e 10898 (dentro das normas apresentadas no Quadro 3.2), o índice de prescritividade relativo da NBR 9077, nesse caso, é igual a $I_{pr9077} = P_{p9077}/6(F_{9077} + F_{9441} + F_{10897} + F_{10898}) = 441/6(284) = 25\%$.

Finalmente, para obter uma medida normalizada dos índices de prescritividade das normas, situando-os na faixa de 0 a 9, foi definido o **índice de prescritividade normalizado, I_{pn}** , dado por:

$$I_{pni} = I_{pa} \left(\frac{9}{100} \right). \quad (4)$$

Desse modo, os graus de prescritividade das normas ficam associados a índices de prescritividade normalizados de forma que: grau I (baixo): $0 < I_{pni} < 3,0$; grau II (médio): $3,1 < I_{pni} < 6,0$; grau III (alto): $6,1 < I_{pni} < 9,0$. Ao final do exame de cada norma, foi possível determinar o peso total de prescritividade (P_p), o índice de prescritividade absoluto (I_{pa}) e o índice de prescritividade normalizado (I_{pn}) de cada documento, conforme mostra a Tabela 3.1. No APÊNDICE, encontram-se registradas as tabelas referentes às normas ABNT e às instruções técnicas analisadas com o detalhamento dos dados referenciais desta análise.

Tabela 3.1 Síntese das principais informações das NBRs e ITs analisadas

NORMA NBR	P_p	$I_{pa} (%)$	I_{pn}	IT	P_p	$I_{pa} (%)$	I_{pn}
9077/93	441	70	6,3	07	83	73	6,6
9441/98	106	52	4,7	08	113	57	5,1
10720/89	75	62	5,6	09	241	54	4,9
10897/90	388	53	4,8	11	583	70	6,3
10898/99	65	47	4,2	12	90	50	4,5
12285/92	52	66	5,9	15	164	57	5,1
13231/94	155	54	4,9	18	9	50	4,5
13859/97	206	54	4,9	19	13	72	6,5
14880/02	138	59	5,3	23	10	55	5
14925/03	14	58	5,2	38	75	48	4,3
14323/03	115	49	4,4				
14432/00	62	57	5,1				

Levando a um gráfico (Figura 3.3) os índices de prescritividade absolutos das normas ABNT e das instruções técnicas que compõem o conjunto analisado, considerada a ordem crescente, verifica-se que os textos das instruções técnicas tendem a ser ligeiramente mais prescritivos que os das normas técnicas ABNT. Isso permite concluir que, ressalvada a inexistência de correspondência entre as normas de um conjunto e de outro, o ambiente de projeto é igualmente prescritivo quando se usam as normas ABNT e as instruções técnicas. O índice médio de prescritividade absoluto é da ordem de 59%, o que faz supor uma forte vinculação da atividade de projeto às soluções determinadas pelos textos normativos.

Os índices de prescritividade absolutos revelam também semelhanças entre os textos normativos. Comparando-se, por exemplo, a partir da Tabela 3.1, a norma NBR 14432/00 e a IT 08/01, ambas relativas ao projeto de segurança de estruturas de aço em incêndio, verifica-se que o índice de prescritividade comum é 57%. De fato, no que tange às *ações* de projeto determinadas por essas normas técnicas, elas são muito semelhantes. A norma ABNT descreve o método de projeto simplificado e a instrução técnica apenas o referencia.

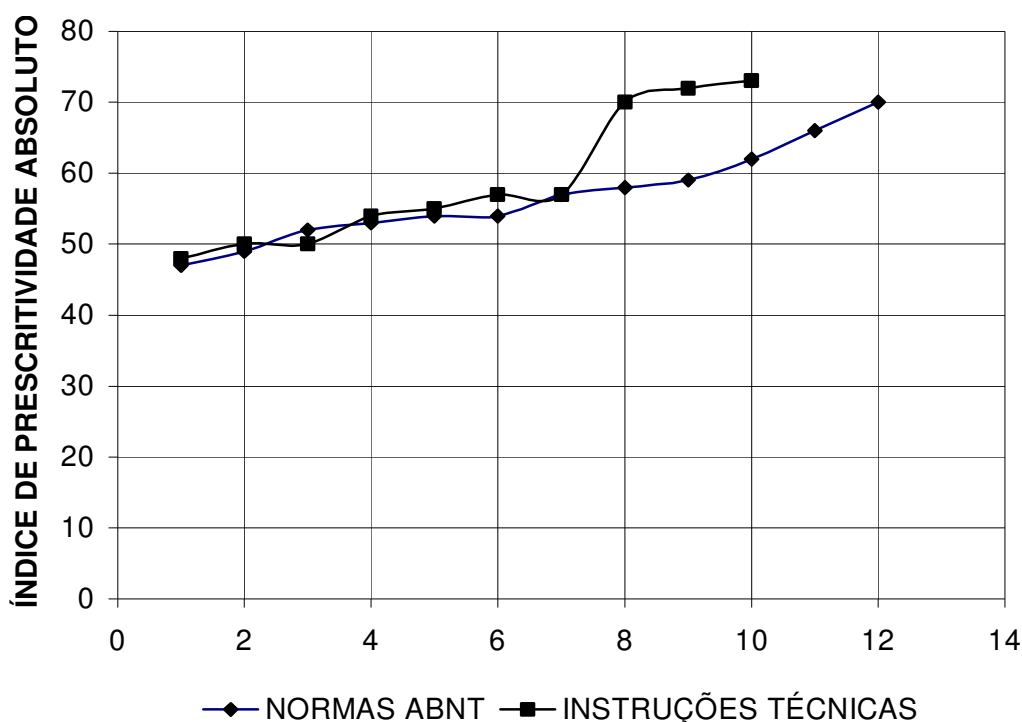


Figura 3.3 Índices de prescritividade absolutos

É interessante observar a identidade entre os índices de prescritividade absolutos das normas NBR 9077/93 e da IT11/01, ambas relativas ao projeto de saídas de emergência, tendo índice de prescritividade absoluto igual a 70%. Essa ocorrência e outras mais que podem ser encontradas em análise mais pormenorizada revela que a matriz das normalizações brasileiras de segurança contra incêndio é comum, havendo completa identidade entre os textos normativos, no que tange a seu caráter prescritivo.

De acordo com os resultados constantes da Tabela 3.1, verifica-se (vide Tabela 3.2) que há uma predominância tanto entre as normas NBRs quanto entre as ITs do grau II de prescritividade que corresponde ao índice de prescritividade normalizado situado no intervalo de 3,1 a 6,0.

Tabela 3.2 Graus de prescritividade das normas analisadas

GRAU	I _{pn}	NBR		IT	
GRAU I (baixo):	0 – 3,0	0	0%	0	0%
GRAU II (médio):	3,1 – 6,0	11	92%	7	70%
GRAU III (alto):	6,1 – 9,0	1	8%	3	30%
TOTAL		12	100%	10	100%

3.3.2 Conclusão

A partir desses resultados, pode-se concluir que a grande incidência das normas e instruções técnicas de grau II representa um universo de média prescritividade. Isso significa que, em geral, esses documentos interferem de forma significativa na tomada de decisões e na liberdade projetual, conduzindo a soluções padronizadas e pouco flexíveis.

A não ocorrência de nenhuma norma ABNT ou instrução técnica do CBPMESP no grau I, baixa prescritividade, indica que o ambiente de projeto de segurança contra incêndio no Brasil é tipicamente prescritivo com grau mediano de prescritividade. Isto é, os profissionais de projeto são vinculados a grupos de materiais, de processos de cálculo e de dimensões projetuais predeterminados pelo órgão normativo.

Registram-se apenas uma norma ABNT e três instruções técnicas no grau de prescritividade III. Isso ocorre porque seus comandos são fortemente determinantes da conduta profissional, ao mesmo tempo em que essas normas têm considerável importância no conjunto de normas analisadas.

Portanto, o cenário normativo brasileiro atual faz supor certo grau de dificuldade na mudança da filosofia normativa prescritiva para a baseada em desempenho. Mas, sendo necessária a implementação de normas baseadas em desempenho no País, como resultado de uma demanda gerada pela modernização urbana e pelo crescimento econômico, os resultados deste trabalho sugerem uma implementação gradual com um período relativamente longo de convivência entre normas prescritivas e normas baseadas em desempenho. Amplo treinamento por parte dos profissionais de projeto e das autoridades fiscalizadoras constitui também um aspecto importante para concretizar essa realidade.

A implantação da filosofia de projeto baseado em desempenho no processo de projeto é o que se discute no próximo capítulo.

SEGURANÇA CONTRA INCÊNDIO E PROCESSO DE PROJETO

Este capítulo discute a relação entre a questão da segurança contra incêndio e a interface arquitetônica, bem como suas implicações no processo de projeto de edificações. Busca-se identificar as principais características e etapas do desenvolvimento do projeto de uma edificação, avaliando como a segurança contra incêndio é tratada durante esse processo. A partir do referencial teórico existente na bibliografia, apresenta-se uma proposta de inclusão dos conceitos do *performance-based design* (PBD) nos processos de projeto identificados.

4.1 Considerações iniciais

Um intrigante e desafiador questionamento que os projetistas, principalmente os arquitetos, precisam perceber e estar preparados para responder diz respeito a: *o que é projetar para a segurança contra incêndio?* Não se trata de o incêndio ser o objetivo central das questões projetuais, mas sim de que forma perceber as diversas situações de risco que muitas vezes estão implícitas e como antever soluções compatíveis, refletindo-as como soluções de projeto.

Se, por um lado, o fogo foi um elemento essencial para a evolução humana, por outro, o próprio desenvolvimento tecnológico conduziu a profundas modificações nos sistemas construtivos dos edifícios. A utilização de grandes áreas sem compartimentação (planta livre), de fachadas envidraçadas, a incorporação de materiais com alta combustibilidade aos elementos construtivos (forros, paredes e pisos), a necessidade de sistemas de instalações e equipamentos de serviço cada vez mais crescente representam a introdução de categorias de risco que anteriormente não existiam nas edificações (MITIDIERI; IOSHIMOTO, 1998). O próprio projeto de edifícios se converteu em um processo complexo, envolvendo conhecimentos especializados e emprego de novas tecnologias.

Nos países mais desenvolvidos, a Engenharia de Segurança contra Incêndio²⁶ encontrou nesse processo uma participação cada vez mais importante e cumpre um papel essencial, como uma disciplina específica, que cresce com investimentos significativos em pesquisas e investigações em todas as áreas relativas à segurança contra incêndio, dada a gravidade das perdas de vidas humanas e econômicas (MELHADO, 1987).

Percebe-se, então, uma estreita relação entre o desenvolvimento tecnológico e o nível de risco de incêndio tolerável de uma sociedade. No Brasil, apesar do avanço tecnológico experimentado pelo setor da construção civil ter sido relativamente rápido, o nível das medidas preventivas e protetoras contra incêndio não cresceu na mesma proporção. Isso pode ser verificado pelas grandes e marcantes tragédias ocorridas em várias cidades brasileiras e pelo grande número de incêndios que acontecem freqüentemente, e muitos deles sequer constam nas estatísticas dos Corpos de Bombeiros (SEITO, 1988).

Diferente da percepção sensorial humana relacionada com os desempenhos acústicos e térmicos de um edifício, os riscos de incêndio não são tão facilmente percebidos ou medidos. Em certas edificações, como em edifícios industriais e armazéns de produtos inflamáveis, o risco e o perigo são evidentes. Entretanto, em edifícios residenciais e comerciais, apesar de os riscos existirem, são menos palpáveis e acabam sendo, geralmente, subestimados. O incêndio acaba evidenciando omissões, falhas de projeto e, freqüentemente, de manutenção.

Um incêndio é um fenômeno único toda vez que ocorre, porque é função de um grande número de parâmetros que, na prática, não são repetíveis. Mas, além dessa característica, os incêndios são fenômenos aleatórios (CLARET, 2003). Não há, portanto, uma forma exata das medidas de segurança contra incêndio a serem aplicadas, bem como a definição da segurança absoluta (SEITO, 1988). Sendo a segurança total técnica e economicamente impraticável, percebe-se que “[...] a segurança absoluta contra incêndio é uma meta teórica” (BERTO, 1987, p. 264).

²⁶ Como definido pela *Society of Fire Protection Engineers* (SFPE), a Engenharia de Segurança contra Incêndio consiste na aplicação da ciência e dos princípios da Engenharia para proteger as pessoas e o meio ambiente da ação destrutiva dos incêndios e isso inclui: análise dos perigos do incêndio; redução dos danos a partir de um projeto adequado; construção, disposição e uso dos edifícios; materiais, estrutura, processos industriais e sistemas de transporte; projeto, instalações e manutenção dos sistemas de detecção, extinção e comunicação; investigação e análise pós-incêndio (CUSTER; MEACHAM, 1997).

A segurança está relacionada com a probabilidade de risco de ocorrência de certos eventos com o perigo à vida humana e ao patrimônio. Assim, **segurança contra incêndio (SCI)** pode ser definida como “[...] um conjunto de ações e recursos internos e externos à edificação e áreas de risco que permite controlar a ação de incêndio” (BRASIL, 2001, p. 3).

Do ponto de vista da Engenharia de Incêndio e sob uma ótica tecnologicamente mais avançada, a SCI deve ir além do controle do incêndio. Ela deve ser considerada como um investimento tal que assegure a prevenção em primeiro lugar e controle os níveis aceitáveis de risco, equilibrando os dois extremos. Ou seja, o conjunto de soluções deve permitir viabilizar os custos totais associados ao incêndio com níveis consistentes de segurança (FIRE..., 1996).

O nível de segurança contra incêndio é reflexo de uma complexa interação entre diversos fenômenos, incluindo: início, crescimento e propagação do incêndio; resposta dos componentes construtivos; resposta dos ocupantes à presença do incêndio; e resposta das equipes de combate. A Figura 4.1 mostra como a SCI se inter-relaciona com vários fatores.

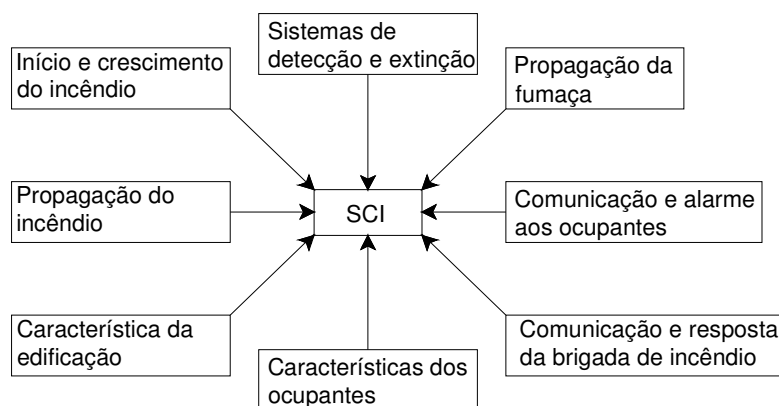


Figura 4.1 Interação entre os vários fenômenos associados ao incêndio

Fonte: FIRE..., 1996

Como a eliminação de todo e qualquer risco de incêndio é uma tarefa impossível, é preciso adotar um sistema de segurança contra incêndio no qual a composição das medidas de prevenção e de proteção possa garantir a efetividade (relação custo/benefício) compatível com o nível de risco presente na edificação.

Fundamentalmente, os objetivos da segurança contra incêndio são a proteção da vida humana e a redução das perdas patrimoniais. A proteção da vida humana refere-se a livrá-la da exposição severa à fumaça, chamas e calor (condições seguras de escape) e do eventual desabamento de elementos construtivos sobre os ocupantes e sobre a equipe de combate. Como perda patrimonial, entende-se a destruição parcial ou total da edificação, de todo o conteúdo existente e das atividades desenvolvidas, bem como os danos aos edifícios vizinhos (VARGAS; SILVA, 2003).

As medidas de segurança contra incêndio possuem uma estreita relação com os objetivos de segurança acima descritos e com as categorias de risco associadas ao incêndio e são definidas como

[...] o conjunto de dispositivos ou sistemas a serem instalados nas edificações e áreas de risco, necessários para evitar o surgimento de um incêndio, limitar sua propagação, possibilitar sua extinção e ainda propiciar proteção à vida humana, ao meio ambiente e ao patrimônio (BRASIL, 2001, p. 3).

A proteção da vida humana é essencial, não se admitindo em quaisquer casos ser negligenciada. A proteção do patrimônio, por outro lado, é relativa, determinada por um conjunto de fatores econômicos, sociais ou de interesse na preservação histórica ou cultural. Nesse caso, as soluções de projeto não são predeterminadas, possuindo abordagens distintas, específicas ou complementares.

As medidas de segurança que compõem o sistema adotado para um determinado projeto devem contar com a flexibilidade e liberdade de escolha para prover os requisitos e o nível de segurança desejado (SEITO; KATO, 1988).

Como definido, a segurança contra incêndio trabalha com um conjunto de ações e recursos aplicados ao edifício, devendo ser viabilizada por meio de um **sistema de segurança**, em que todas as soluções para o problema dos riscos e perigos do incêndio devem ser estudadas desde a concepção do empreendimento e fornecidas por um projeto coerente e vinculado com as diversas áreas envolvidas (arquitetura, estrutura, instalações, urbanismo e outras).

De maneira geral, a prática projetual brasileira evidencia que a SCI não é tratada no início do processo de projeto. O pouco domínio e mesmo o desconhecimento dos conceitos das medidas básicas de prevenção e proteção contra incêndio levam muitos

profissionais a desconsiderarem essas questões no projeto e, posteriormente, deparam-se com alguma legislação que, de alguma forma, acaba restringindo o projeto proposto (ONO, 2004).

As práticas de projeto e de construção atuais não consideram o evento incêndio como uma condição de projeto, mas apenas como um cumprimento mínimo dos requisitos de segurança prescritos nas regulamentações (MELHADO, 1987).

Em razão desse desconhecimento e desse tipo de prática projetual, o arquiteto acaba incorporando as soluções de segurança depois do projeto desenvolvido. Ao postergar as soluções, criam-se diversos problemas e, infelizmente, a SCI acaba sendo considerada mais um deles a ser resolvido (BERTO, 2004).

O arquiteto, ao possuir uma visão global da concepção do edifício e ter condições de resolver diversas interfaces do conjunto projetado, não deve tomar normas e regulamentações como base única de informação para o projeto. Um projeto adequado de SCI deve contemplar também questões não previstas em nenhum desses textos (BERTO, 2004).

Dessa forma, a análise integral e consciente da SCI em edifícios deve fazer parte do processo de elaboração do projeto arquitetônico para que se alcance eficiência e economia (SOUZA, 1996).

4.2 Tipos de danos e sua extensão

As conseqüências produzidas pelos incêndios são de natureza extraordinária e de difícil quantificação. Os danos totais devem ser levados em conta e figuram como um dos fatores representativos para se investir na implantação de sistemas eficientes que garantam a SCI em qualquer empreendimento.

Segundo Beyler (2001), o custo total do incêndio pode ser mensurado pelos **danos diretos**, como a perda de vida humana e os danos patrimoniais e de seu conteúdo; os danos patrimoniais diretos representam menos de 10% dos custos totais de um incêndio. Portanto, minimizar os custos totais não significa minimizar apenas as perdas diretas. Já os **danos indiretos** são significativos e estão relacionados com:

- ferimentos, deformações, distúrbios emocionais e tratamentos médicos;
- prejuízos para a imagem da empresa;
- danos ao meio ambiente provocados pela água de combate, por demolições, pela fumaça e calor;
- valores segurados e indenizações;
- custos de reconstrução e recomposição do negócio, aluguel provisório.

A Tabela 4.1 mostra uma estimativa aproximada de custos relativos aos incêndios nos EUA. Conforme os dados apresentados, investe-se duas vezes mais em seguros e medidas que visam a evitar os incêndios (Corpo de Bombeiros e medidas de prevenção e proteção) do que em gastos com perdas totais decorrentes dos incêndios (mortes, danos patrimoniais e interrupção das atividades).

Tabela 4.1 Estimativa aproximada dos custos de incêndio nos EUA

Componente de custo	1990 (US\$ bilhões)	1996 (US\$ bilhões)
Perdas totais do incêndio	31	62
Patrimônio	9	12
Interrupção	9	2
Ferimentos e mortes	13	48
Seguro	6	6
Corpo de Bombeiros	10	18
Prevenção e proteção total contra incêndio	49	58
Edificação	21	26
Equipamentos	18	20
Manutenção	6	7
Outros	4	5
Total	96	144

Fonte: Beyler, 2001

Esse conjunto de argumentos, freqüentemente, não é suficiente para formar uma postura preventiva de segurança contra incêndio por parte dos empreendedores, construtores, Poder Público e cidadãos. A crença comum de que os investimentos em SCI não geram retorno, que o incêndio é algo impossível de acontecer e que basta ter um seguro para cobrir os riscos de incêndio é mal fundamentada (MELHADO, 1987). Além disso, a visão distorcida ou superestimada de que apenas a proteção estrutural é suficiente para isentar-se dos perigos de incêndio promove uma ilusão de segurança.

Por essas razões, os profissionais de Arquitetura e Engenharia podem traçar uma fisionomia diferente para esse quadro. A partir do reconhecimento da importância dos

conceitos da SCI, é possível projetar cada edifício de forma segura e econômica (SOUZA, 1996).

Nesse sentido, o projeto deve ser elaborado de forma coerente, integrando as diversas especialidades envolvidas e transcendendo as exigências mínimas das regulamentações impostas pelo Poder Público. Da mesma forma, deve identificar e gerenciar os processos inter-relacionados como um sistema, em que todas as fases devem ser coordenadas com a participação integral de todos os agentes envolvidos. Esse entendimento é denominado abordagem sistêmica de segurança contra incêndio. (MELHADO, 1994).

4.3 Elementos do projeto sistêmico

A abordagem sistêmica da segurança contra incêndio coerente com normas PBD compreende alguns itens que auxiliam no balizamento dos dados de entrada, como o nível de segurança requerido e os objetivos a serem alcançados. A partir desses objetivos, determinam-se alguns requisitos funcionais que, por sua vez, auxiliam na composição das medidas de segurança (Figura 4.2).

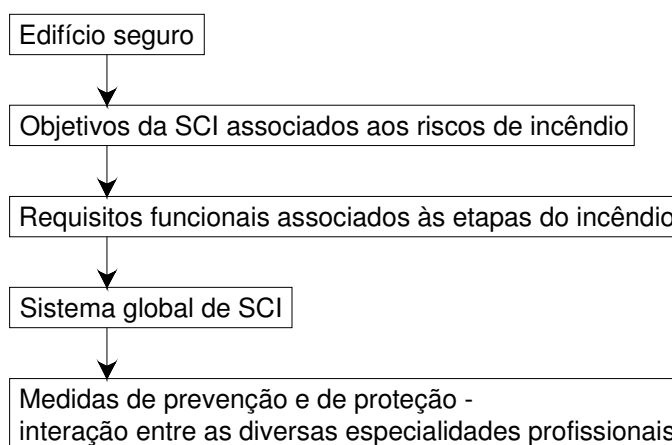


Figura 4.2 Pensamento sistêmico da segurança contra incêndio

Fonte: Adaptação de Mitidieri e Ioshimoto, 1998

Os níveis de segurança contra incêndio implantados em uma edificação e seus objetivos estão diretamente ligados ao controle das categorias de risco que, inclusive, servem de base para o estabelecimento das regulamentações de SCI (BERTO, 2004; BERTO;

TOMINA, 1988). As cinco categorias básicas de risco associadas ao incêndio são: risco de início de incêndio, risco de crescimento de incêndio, risco de propagação, risco de danos à vida humana e risco de danos à propriedade.

Os requisitos funcionais que visam a garantir os objetivos estabelecidos estão ligados à seqüência das etapas de um incêndio, as quais normalmente podem ser descritas como: início do incêndio, crescimento do incêndio no local de origem, propagação para outros ambientes, propagação para outros edifícios e ruína parcial ou total do edifício (MITIDIERI; IOSHIMOTO, 1998). Associadas aos requisitos funcionais, as medidas de segurança devem ser adotadas em correspondência às ações dos efeitos crescentes do incêndio, cuja abrangência vai do local ao global.

O Quadro 4.1 sintetiza conceitos relacionados com a abordagem sistêmica da SCI, apresentando os elementos que a compõem, seus objetivos e os requisitos funcionais, associados às principais medidas de prevenção e proteção contra incêndio (MITIDIERI; IOSHIMOTO, 1998; BERTO, 1991).

Uma norma PBD deveria naturalmente conter uma exigência de segurança correspondente a cada um desses elementos expressando-se em termos de objetivos de segurança verificados por meio de competentes critérios de projeto.

Cada um desses elementos e medidas de segurança deve ser estabelecido levando-se em conta a necessidade de garantir para o sistema como um todo a efetividade compatível com o nível de risco a que a edificação está exposta.

É imprescindível que as medidas de prevenção e de proteção ativa e passiva sejam muito bem observadas e resolvidas no processo de projeto, pois elas são inerentes à Arquitetura e influenciam diretamente as questões de interface projetual.

Como apresentado no Quadro 4.1, as medidas de segurança contra incêndio podem ser classificadas de acordo com sua concepção e operacionalidade em medidas de prevenção e de proteção²⁷ (CBPMESP, 2001b; SOUZA, 1996; SEITO, 1988; MELHADO, 1987).

²⁷ Reconhece-se que a divisão descrita é apenas de caráter classificatório, devendo ser trabalhadas conjuntamente no projeto de edificações.

Elementos do sistema	Objetivos dos elementos	Requisitos funcionais	Principais medidas de prevenção e de proteção contra incêndio	
			Relativas ao processo produtivo do edifício	Relativas ao uso
Precaução contra o início do incêndio	Evitar danos à vida humana e reduzir danos à propriedade atingida	Não ocorrer o princípio de incêndio	- correto dimensionamento e execução de instalações de serviço - distanciamento seguro entre fontes de calor e materiais combustíveis - provisão de sinalização de emergência	- correto dimensionamento e execução das instalações - correta estocagem e manipulação de líquidos inflamáveis e materiais combustíveis - manutenção preventiva e corretiva de equipamentos e instalações - conscientização do usuário para a prevenção do incêndio
Limitação do crescimento do incêndio		Não atingir a fase de inflamação generalizada	- controle da quantidade de materiais combustíveis incorporados aos elementos construtivos - controle das características de reação ao fogo dos materiais incorporados aos elementos construtivos	- controle da quantidade de materiais combustíveis trazidos para o interior do edifício
Extinção inicial do incêndio		Extinção do incêndio antes da ocorrência da inflamação generalizada no ambiente de origem	- provisão de equipamentos portáteis de combate - provisão de sistema de hidrantes e mangotinhos - provisão de sistema de detecção e alarme - provisão de sinalização de emergência	- manutenção preventiva e corretiva dos equipamentos de proteção destinados à extinção inicial do incêndio - elaboração de planos para a extinção inicial do incêndio - treinamento dos usuários - formação e treinamento de brigadas de incêndio
Limitação da propagação do incêndio		Não ocorrer a propagação do incêndio para outros ambientes	- compartimentação horizontal e vertical - controle da quantidade de materiais combustíveis incorporados aos elementos construtivos - controle das características de reação do fogo desses materiais	- manutenção preventiva e corretiva dos equipamentos destinados à compartimentação horizontal e vertical - controle de materiais combustíveis próximos às fachadas
Escape seguro do edifício	Evitar danos à vida humana	Facilidade e rapidez de fuga dos ocupantes	- provisão do sistema de detecção e alarme - sistemas de comunicação e de iluminação de emergência - rotas de fuga seguras - sinalização de emergência - sistema de controle do movimento da fumaça - controle das características de reação ao fogo dos materiais incorporados aos elementos construtivos	- manutenção preventiva e corretiva dos equipamentos destinados a garantir o escape seguro - elaboração de planos de abandono do edifício - formação e treinamento de brigadas e usuários para a desocupação de emergência
Precauções contra o colapso estrutural	Evitar danos à vida humana e reduzir danos à propriedade atingida e às adjacentes	Não ocorrer a ruína parcial ou total do edifício	- resistência ao fogo dos elementos estruturais - resistência ao fogo da envoltória do edifício	
Precauções contra a propagação entre edifícios	Evitar danos às edificações adjacentes	Não ocorrer a propagação do incêndio entre edifícios	- distanciamento seguro entre edifícios - resistência ao fogo da envoltória do edifício - controle das características de reação ao fogo dos materiais incorporados aos elementos construtivos	- controle da disposição de materiais combustíveis nas proximidades das fachadas
Rapidez, eficiência e segurança das operações de combate e resgate	Evitar danos à vida humana e reduzir danos à propriedade atingida e às propriedades adjacentes	Rapidez, eficiência e segurança no combate ao incêndio e no resgate de vítimas	- provisão de meios de acesso dos equipamentos de combate ao edifício - equipamentos portáteis de combate, de sistemas de hidrantes e mangotinhos e de sinalização de emergência - meios de acesso seguros da brigada no interior do edifício - sistema de controle de movimento da fumaça	- manutenção preventiva e corretiva dos equipamentos de proteção - planos de combate - formação e treinamento de brigadas de incêndio - disposição na entrada do edifício de informações úteis

Quadro 4.1 Síntese do sistema global de segurança contra incêndio, com destaque para os elementos que o compõem e as principais medidas de segurança

Fonte: Berto, 1991; Mitidieri e Ioshimoto, 1998

As **medidas de prevenção** compõem um conjunto de disposições e atitudes que visam a evitar o surgimento do incêndio, reduzir a intensidade dos seus efeitos e a possibilidade de alastramento do fogo antes da chegada das equipes de combate. Atitudes essas que fazem da educação o principal componente da prevenção contra incêndio, segundo Beyler (2001). As ações pertinentes a essa categoria devem ser atendidas no projeto, na instalação e na manutenção das fontes de energia.

As atividades relacionadas com a educação pública também são incluídas por meio da conscientização da população a respeito dos procedimentos a serem adotados pelas pessoas diante de um incêndio, dos cuidados a serem observados com a manipulação de produtos perigosos e com as práticas que geram riscos de incêndio. Atividades relacionadas com extinção, perícia e coleta de dados dos incêndios pelos órgãos públicos auxiliam a proteção contra incêndio por meio da investigação, estudo de casos reais e estudo quantitativo dos incêndios.

As **medidas de proteção** pretendem controlar o crescimento do incêndio e promover sua contenção e extinção. Investe-se na rapidez em descobrir e acionar o combate ao foco inicial. A maior ou menor possibilidade do desenvolvimento do fogo depende do momento em que o início de ignição é descoberto, da rapidez com que ele assume grandes proporções e do tempo decorrido entre a descoberta do fogo e o início do combate. A Figura 4.3 mostra que os primeiros minutos são importantes para se evitar perdas de vidas humanas e de patrimônio, concluindo-se que, melhor do que extinguir o incêndio em suas fases iniciais (medidas de proteção), é evitar que ele se inicie (medidas de prevenção).

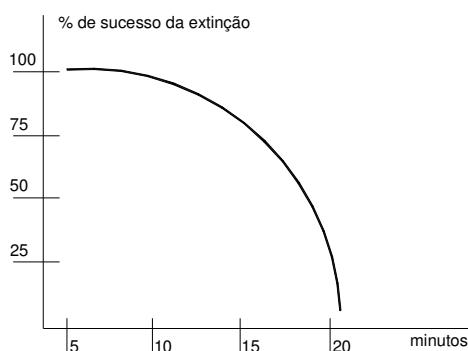


Figura 4.3 Possibilidade de sucesso na extinção de um incêndio em relação ao tempo do início do atendimento

Fonte: Souza, 1996

Medidas de proteção passiva não dependem de qualquer acionamento em caso de emergência, visam a conter ou retardar o fogo para a fuga das pessoas e a ação dos bombeiros. São incorporadas ao sistema construtivo, resultante de ações de natureza arquitetônica. Podem ser consideradas medidas de proteção passiva: composição adequada da fachada; acessibilidade ao lote e ao edifício; controle da ventilação; estudo da circulação e rotas de fuga; controle da qualidade (características) e quantidade de materiais combustíveis de acabamento interno e do próprio conteúdo;²⁸ compartimentação de ambientes; selagem de dutos e elevadores; pressurização de escadas; definição do grau de resistência ao fogo dos materiais construtivos e estruturais; definição dos materiais de proteção térmica; área de refúgio ou ainda elevadores de emergência (BERTO, 2000; ONO, 2004).²⁹

As **medidas de proteção ativa** são acionadas durante a ocorrência de um incêndio, constituindo-se de instalações de equipamentos de proteção manual ou automático, com o objetivo de detectar rapidamente o incêndio, alertar os ocupantes para o abandono e combater ou controlar o fogo. Os principais sistemas de proteção ativa podem ser listados: sistema de alarme manual de incêndio; sistema de detecção e alarme automático de incêndio (detector de fumaça, de temperatura, raios infravermelhos ligados a alarmes automáticos); sistemas de combate manual de incêndio (extintores e hidrantes); sistemas de extinção automática de incêndio (chuveiros automáticos – *sprinklers* – com utilização de água ou gases); sistema de iluminação de emergência; sistema de controle e exaustão de fumaça.³⁰

4.4 Análise PBD e a questão do risco

A análise e o processo de projeto baseados em desempenho (capítulo 2) tratam a identificação dos riscos e as consequências do incêndio como uma das etapas da análise

²⁸ A reação ao fogo dos materiais agregados aos elementos construtivos (revestimento de paredes, tetos, pisos e fachadas) e de materiais contidos na edificação (mobiliário e objetos de decoração) consiste em um dos principais fatores responsáveis pelo crescimento do fogo, propagação das chamas e desenvolvimento de fumaça, gases tóxicos, contribuindo para que o incêndio atinja fases críticas, gerando pânico e mortes.

²⁹ ONO, Rosaria. **Proteção do patrimônio histórico-cultural contra incêndio em edificações de interesse de preservação**. Palestra apresentada na Fundação Casa Rui Barbosa, Rio de Janeiro, 2004. p. 4.

³⁰ Ibid., p. 5.

qualitativa do PBD. É fundamental que a identificação e a avaliação dos riscos de incêndio sejam feitas corretamente, pois influenciam a configuração da solução de segurança em função dos objetivos de projeto.

Com a identificação e a simulação dos riscos de incêndio, é possível caracterizar os cenários de incêndio e os incêndios de projeto. Estes são desenvolvidos por meio do modelamento do incêndio, de onde são calculados diversos dados a serem comparados com os critérios de desempenho estipulados.

O entendimento sobre o processo de ocorrência do incêndio associado aos riscos presentes na edificação permite uma avaliação mais adequada e coerente das soluções de segurança propostas compatíveis com a análise PBD.

A Figura 4.4 apresenta a evolução temperatura x tempo típica de um incêndio com suas três fases características e a Figura 4.5 as ilustra em termos de seu desenvolvimento espacial ambiente. Na **fase inicial**, o início de ignição ocorre a partir de uma fonte de calor, consumindo os materiais que se encontram mais próximos, pois a temperatura se eleva gradualmente. A partir do momento em que o incêndio passa a envolver grande parte do material combustível e as temperaturas ambientes atingem a ordem de 300°C, ocorre a **inflamação generalizada** ou *flashover*.³¹ Com a elevação acentuada da temperatura, os materiais inflamados liberam gases combustíveis que queimam em grande quantidade, gerando chamas e fumaça intensas. Eles se acumulam no teto, formando um *colchão de fumaça*, tornando-se impossível a sobrevivência no ambiente.³² Quando parte do material combustível estiver consumida e não houver mais fornecimento de energia térmica para o meio, a temperatura entra em decréscimo, caracterizando a **fase de extinção** (Figura 4.5) (LANDI, 1987; MITIDIERI; IOSHIMOTO, 1998).

³¹ *Flashover* é usualmente definido como a ignição rápida de um ponto de incêndio localizado gerando a combustão de todas as superfícies dos materiais combustíveis presentes no ambiente (FIRE..., 1996).

³² Mantendo as condições favoráveis, o fogo pode se propagar por meio da condução, radiação e convecção.

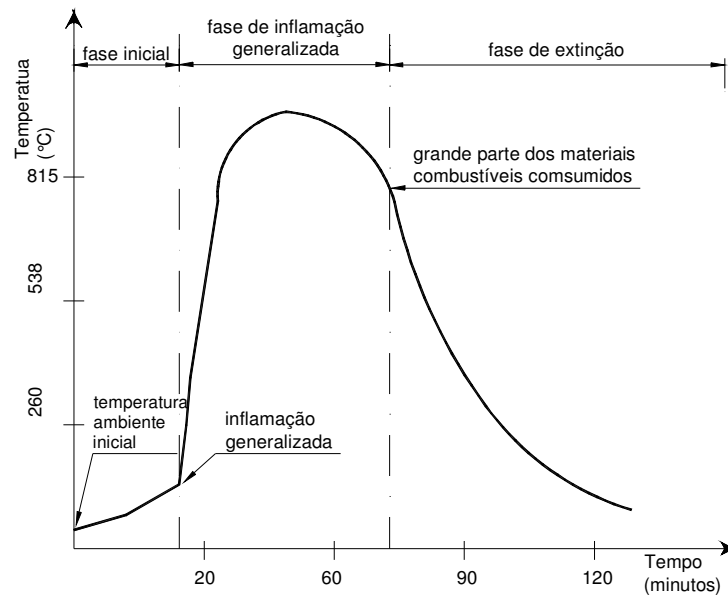


Figura 4.4 Representação gráfica da evolução do incêndio em um compartimento

Fonte: Mitidieri e Ioshimoto, 1998

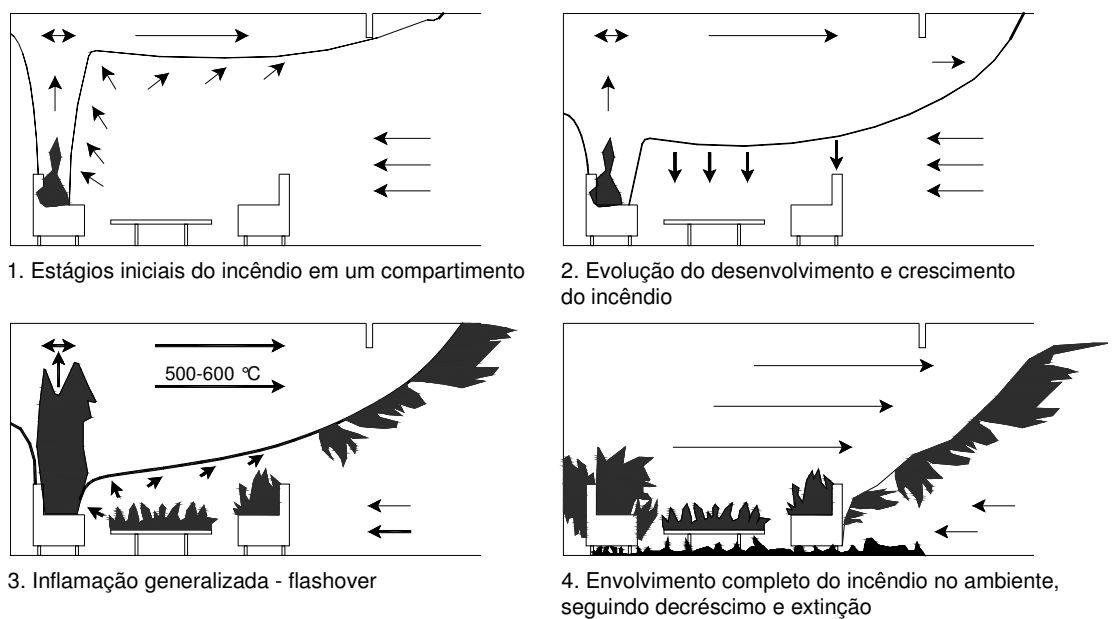


Figura 4.5 Estágios da evolução do incêndio em um compartimento

Fonte: Custer e Meacham, 1997

É importante entender de que forma o incêndio se reflete nas interfaces arquitetônicas da edificação (Figura 4.6). Assim, podem ser levantados os principais fatores de risco de incêndio, associados à sua composição arquitetônica.

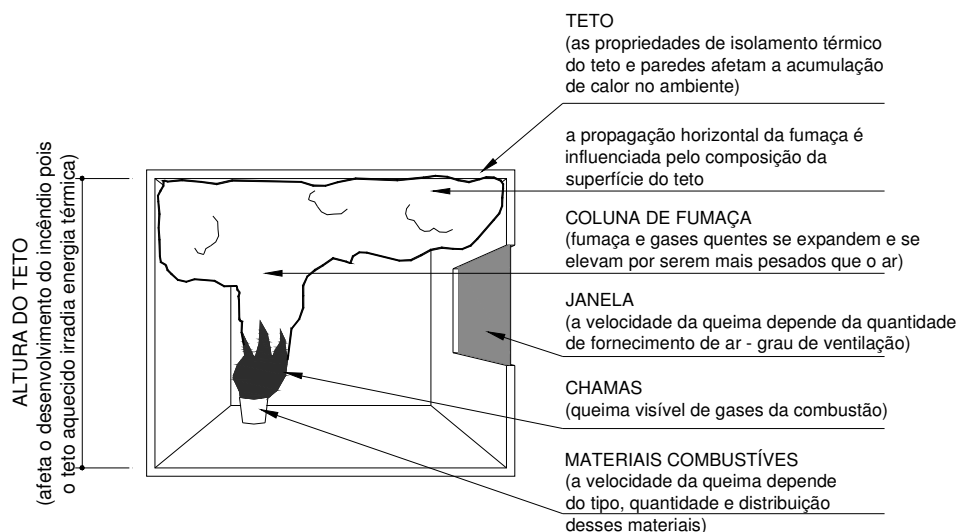


Figura 4.6 Algumas interfaces entre ambiente e incêndio

Fonte: Egan, 1978

a) O risco do início do incêndio depende da probabilidade do surgimento de um foco de incêndio a partir da interação dos materiais combustíveis presentes no ambiente e de fontes de calor. O controle tanto dos materiais integrados ao sistema construtivo quanto dos materiais agregados ao edifício, os quais estão associados às atividades desenvolvidas, bem como a conscientização do usuário devem ser objeto de prevenção a partir do projeto e não somente na fase de uso do edifício, uma vez que fontes de ignição relativamente pequenas são responsáveis por grande parte dos incêndios. De acordo com Ono (2004), os materiais de revestimento e de acabamento têm forte influência no início do incêndio, pois são os primeiros a serem submetidos ao calor e, dependendo de suas propriedades, podem ou não contribuir para o crescimento do incêndio. A quantidade de calor desenvolvido, a velocidade de propagação de chamas, a quantidade e a densidade da fumaça produzida, a temperatura e a composição química dos gases quentes resultantes são os fatores que caracterizam essa fase.

b) A partir do momento em que o incêndio possui a probabilidade de evoluir da fase inicial para a fase da inflamação generalizada ou *flashover*, tem-se o **risco do crescimento do incêndio**. À medida que as chamas se espalham sobre a superfície do primeiro objeto ignizado e para os materiais contíguos, o processo de combustão torna-se cada vez mais rápido e intenso em função das características do compartimento. Dessa forma, o risco da evolução para uma situação de inflamação generalizada

depende, principalmente, da taxa do desenvolvimento de calor pelo primeiro objeto ignizado, da natureza, distribuição e quantidade de materiais combustíveis no ambiente incendiado e da natureza das superfícies dos elementos construtivos para suportar a combustão e propagar o fogo (BERTO, 1987). O controle da presença dos materiais combustíveis e a escolha criteriosa de materiais construtivos e de revestimento quanto à resistência ao fogo devem ser objeto de observação dos projetistas.

c) O risco da propagação do incêndio ocorre quando, a partir da inflamação generalizada no ambiente de origem, o incêndio atinge outros ambientes (internos e externos) e edifícios adjacentes. Em função das altas temperaturas dos gases, de aberturas internas e externas no edifício e de vãos de comunicação entre compartimentos (dutos de ar condicionado, *shafts* e mesmo escadas), o fogo se propaga vertical e horizontalmente por entre os ambientes e para o exterior com grande rapidez. Nessa fase, a compartimentação³³ dos ambientes e o cuidado com a composição das fachadas e com o potencial de radiação dos vãos de janelas são alguns princípios de projeto que auxiliam na restrição do incêndio no pavimento, de modo que a propagação para outros pavimentos e para as edificações adjacentes já corresponde a uma situação fora de controle.

d) O risco de danos à vida humana é definido como sendo a probabilidade de os fenômenos associados ao incêndio e os produtos da combustão – fumaça, gases tóxicos, calor e falta de oxigênio – provocarem lesões³⁴ às pessoas usuárias da edificação e às equipes de combate. A noção das consequências desses produtos implica a observância, quanto às medidas de segurança, de critérios para a escolha de materiais em função do perigo que eles representam, bem como de dados de suas propriedades físicas para o estudo do modelamento do incêndio, com o objetivo de calcular o tempo necessário para o escape seguro em função da geração de fumaça pelo incêndio. Ou seja, o risco à vida humana está diretamente associado ao tempo disponível para que as pessoas

³³ A compartimentação é um dos melhores métodos para a proteção contra incêndio. As barreiras de contenção (portas e paredes estruturais) ajudam a evitar o alastramento do incêndio e permitem um tempo maior para o escape dos usuários, combate e extinção do fogo.

³⁴ Diversas pesquisas baseadas em estatísticas mostram que somente ¼ dos óbitos é decorrente de queimaduras. Os demais são devido à ingestão de monóxido de carbono, fumaça, gases tóxicos e conseqüente asfixia (ONO et al., 1998; SEITO, 1988). O monóxido de carbono, um dos produtos mais comuns da combustão, contribui com 75% dos casos fatais e com concentrações mínimas de 1% é causador de óbito em menos de um minuto de exposição.

alcancem um lugar seguro, o qual depende fundamentalmente do desenvolvimento da fumaça e da resposta dos sistemas de proteção (ativa e passiva) instalados no edifício (CLARET; ETRUSCO, 2002). A Figura 4.7 ilustra a resposta humana diante das altas temperaturas.

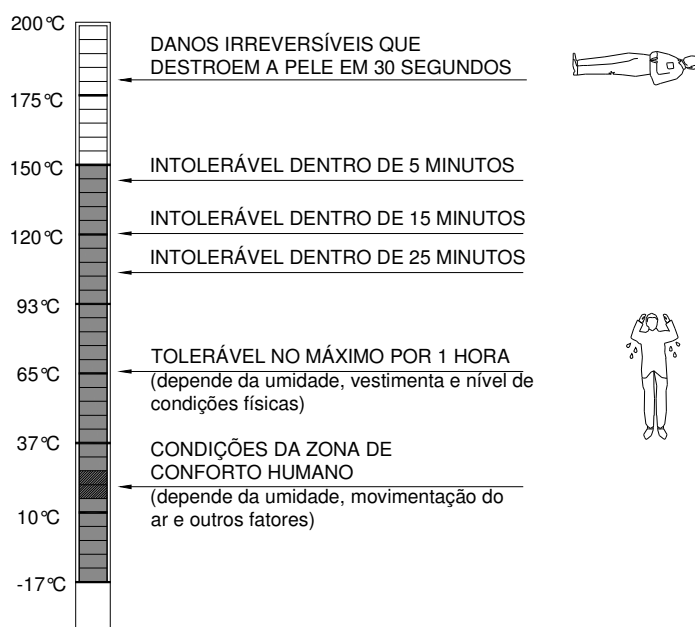


Figura 4.7 Resposta humana diante das altas temperaturas do incêndio

Fonte: Egan, 1978

Durante um incêndio, a idade, a saúde e a capacidade mental dos ocupantes da edificação afetam consideravelmente as atividades de reação e de procedimento para o escape, dependendo da altura da edificação (Figura 4.8). Com base no conhecimento de fatos ocorridos, simulações computacionais permitem avaliar determinadas reações humanas em situação de incêndio,³⁵ associadas à forma de se projetar.

Como a salvaguarda da vida humana é essencial e imprescindível em qualquer situação de projeto que envolva risco de incêndio, praticamente todas as medidas de segurança são fatores que influenciam a segurança humana. Dentre elas, citam-se: descoberta do incêndio nos estágios iniciais; detecção manual ou automática; controle do movimento da fumaça; limitação das distâncias a percorrer; dimensionamento correto das larguras das rotas de fuga; previsão de rotas de fuga alternativas e iluminação e sinalização de

³⁵ O 3º Simpósio Internacional sobre Comportamento Humano em Incêndio, ocorrido no Reino Unido, em setembro de 2004, foi o evento mais recente que demonstra a notoriedade mundial desse tema, dada a importância e a urgência em incluí-lo como variável condicionante dos projetos.

emergência (BERTO, 1987). Portanto, quanto mais as medidas de segurança forem consideradas em projeto e implantadas no edifício de maneira conjunta e equilibrada, maiores serão as chances de garantia da segurança das vidas humanas, da propriedade e de sucesso do combate ao incêndio.

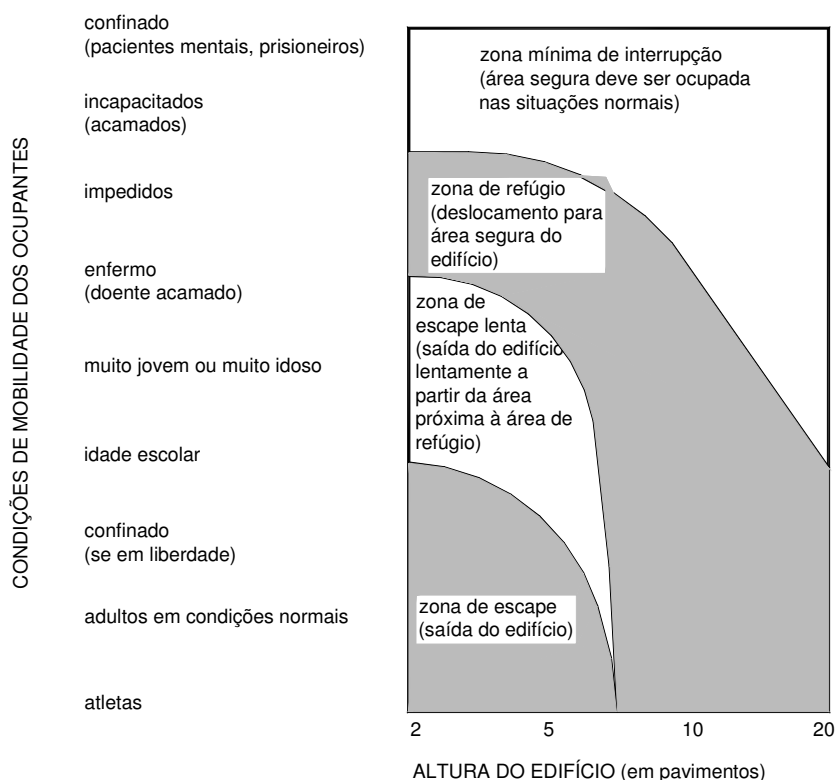


Figura 4.8 Atividades e procedimentos para escape em função da relação entre o número de pavimentos e as condições de mobilidade humana

Fonte: Egan, 1978

d) O risco de danos à propriedade, presente desde o momento do início do incêndio, se agrava gradativamente à medida que fumaça, gases quentes e calor se generalizam, atingindo o conteúdo do edifício, a própria edificação e os edifícios adjacentes. Quanto mais susceptível ao risco de incêndio for o sistema construtivo, maior será o risco à propriedade (MITIDIARI; IOSHIMOTO, 1998). Diante disso, o projetista deve saber compor, de forma equilibrada, os dispositivos de segurança adequados e disponíveis em função das características da edificação. Para minimizar ou mesmo evitar os efeitos do *flashover*, os sistemas de detecção e extinção (detectores de fumaça e chuveiros automáticos) são importantes para auxiliar o combate do Corpo de Bombeiros. Caso

essas medidas sejam insuficientes, a segurança estrutural deve ser prevista por meio do dimensionamento dos elementos estruturais, considerando a ocorrência do *flashover*, além da utilização da proteção passiva. Portanto, o objetivo central para se garantir a segurança do imóvel é diminuir o risco do *flashover*, pois mesmo que ele ocorra e que não haja colapso estrutural ou danos severos à edificação em si, as perdas monetárias do conteúdo, da interrupção das atividades, os prejuízos ao meio ambiente e ao entorno certamente serão inevitáveis (VARGAS; SILVA, 2003).

O Quadro 4.2 apresenta características da edificação incluindo algumas de natureza arquitetônica e outras relativas aos sistemas de segurança com as respectivas implicações na severidade do incêndio, na segurança da vida humana e do patrimônio.

A questão do risco de incêndio é um problema que extrapola os limites da associação direta das medidas de segurança aos riscos anteriores (de início e crescimento) e posteriores (desenvolvimento) do incêndio. Atualmente, com a evolução da Engenharia de Segurança contra Incêndio, são cada vez mais fortes e mais profundos os estudos que visam ao entendimento dos riscos e perigos do incêndio – quantificação, caracterização e percepção. Por exemplo, no que tange à percepção do risco, a discrepância entre o tratamento com relação ao nível de segurança exigido de uma residência unifamiliar e de um edifício de múltiplos andares evidencia que se considera o risco de incêndio residencial ordinário, comum, enquanto no edifício, o risco de um incêndio é considerado catastrófico. Implicitamente, admite-se que, se dez pessoas morrem em um único incêndio de um edifício, esse fato é menos aceitável do que se dez incêndios causarem a morte de uma pessoa em cada um deles. Portanto, a forma como as pessoas percebem o risco influencia suas preferências, nos níveis de tolerância ao risco e na sociedade em geral, refletindo na construção da base de regulamentação do País. É em função dessa falta de controle e mesmo da superficialidade no tratamento dos riscos, que as regulamentações prescritivas adotam regras de proteção contra incêndio mais rigorosas e mais gerais (WOLSKI; DEMBSEY; MEACHAM, 2000).

Fatores	Influência na		
	Severidade do incêndio	Segurança na vida	Segurança do patrimônio
Tipo, quantidade e distribuição da carga de incêndio	A temperatura máxima de um incêndio depende da quantidade, tipo e distribuição do material combustível no edifício	O nível do enfumaçamento, toxicidade e calor dependem da quantidade, tipo e distribuição do material combustível no edifício	O conteúdo do edifício é consideravelmente afetado por incêndios de grandes proporções
Características da ventilação do compartimento	Em geral, o aumento da oxigenação faz aumentar a temperatura do incêndio e diminuir sua duração	A ventilação mantém as rotas de fuga livres de níveis perigosos de enfumaçamento e toxicidade	A ventilação facilita a atividade de combate ao incêndio por escape da fumaça e dissipação dos gases quentes
Compartimentação	Quanto mais isolantes forem os elementos de compartimentação (pisos e paredes), menor será a propagação do fogo para outros ambientes, mas o incêndio será mais severo no compartimento	A compartimentação limita a propagação do fogo, facilitando a desocupação da área em chamas para áreas adjacentes. Pode dificultar a movimentação humana	A compartimentação limita a propagação do fogo, restringindo as perdas
Resistência ao fogo das estruturas	A resistência ao fogo das estruturas de aço, por elas serem incombustíveis, não afeta a severidade do incêndio. Às vezes, o desmoronamento de parte da edificação (coberturas, por exemplo) aumenta a oxigenação e reduz a duração do incêndio	A resistência ao fogo das estruturas tem pequeno efeito na segurança à vida em edifícios de pequena altura ou área, por serem de fácil desocupação. No caso de edifícios altos, é essencial prever a resistência ao fogo, indicada na legislação ou em normas, para garantir a segurança ao escape dos ocupantes, às operações de combate e à vizinhança	A resistência ao fogo dos elementos estruturais é fundamental para garantir sua estabilidade. Geralmente, o custo do conteúdo supera o custo da estrutura, mas o colapso estrutural pode trazer consequências danosas às operações de combate ou à vizinhança. Nesse caso há imposições legais ou normativas de resistência. Se o risco for mínimo, a verificação de resistência pode ser dispensada
Rotas de fuga seguras		Rotas de fuga bem sinalizadas, desobstruídas e seguras são essenciais para garantir a desocupação. Em edificações térreas, a rota de fuga é natural. Em edifícios de muitos andares podem ser necessárias escadas enclausuradas, elevadores de emergência, etc.	
Reserva de água	Água e disponibilidade de pontos de suprimento são necessárias para a extinção do incêndio, diminuindo os riscos de propagação e seus efeitos à vida e ao patrimônio		
Deteção de calor ou fumaça	A rápida detecção do incêndio, apoiada na eficiência da brigada contra incêndio e do Corpo de Bombeiros, reduz o risco da propagação do incêndio	A rápida detecção do início do incêndio, por meio de alarme, dá aos ocupantes rápido aviso da ameaça, antecipando a desocupação	A rápida detecção do início de um incêndio minimiza o risco de propagação, reduzindo a região afetada pelo incêndio
Chuveiros automáticos	Projeto adequado e manutenção de sistema de chuveiros automáticos são internacionalmente reconhecidos como um dos principais fatores de redução do risco de incêndio	Chuveiros automáticos limitam a propagação do incêndio e reduzem a geração de fumaça e gases tóxicos	Chuveiros automáticos reduzem o risco de incêndio e seu efeito na perda patrimonial
Hidrantes e extintores	Hidrantes, extintores e treinamento dos usuários da edificação reduzem o risco de propagação do incêndio e seu efeito ao patrimônio e à vida humana		
Brigada contra incêndio bem treinada	A presença de pessoas treinadas para prevenção e combate reduz o risco de início e propagação do incêndio	Além de reduzir o risco de incêndio, a brigada coordena e agiliza a desocupação da edificação	A presença da brigada contra incêndio reduz o risco e as consequentes perdas patrimoniais
Corpo de Bombeiros	Proximidade, acessibilidade e recursos do Corpo de Bombeiros otimizam o combate ao incêndio, reduzindo seu risco de propagação	Em grandes incêndios, o risco à vida é maior nos primeiros instantes. Deve haver medidas de proteção independentes da presença do CB	Proximidade, acessibilidade e recursos do Corpo de Bombeiros facilitam as operações de combate ao incêndio, reduzindo perdas estruturais e do conteúdo
Projeto de segurança contra incêndio	Deve prever sistema de segurança adequado ao porte e à ocupação da edificação, de forma a reduzir o risco de início e propagação do incêndio, facilitar a desocupação e as operações de combate. Dessa forma, reduz a severidade do incêndio, as perdas de vidas e patrimoniais		

Quadro 4.2 Síntese dos fatores de riscos de incêndio e suas influências

Fonte: Vargas; Silva, 2003

4.5 A segurança contra incêndio tratada no processo de projeto

4.5.1 Legislação e formação profissional

Apesar de ser uma questão extremamente importante, a segurança contra incêndio não se apresenta incorporada à cultura técnica e aos valores sociais e culturais brasileiros (CAMPOS, 2004). Em âmbito internacional, nos países desenvolvidos, a segurança contra incêndio é considerada ciência – Engenharia de Incêndio – e é estudada, aceita e aplicada no dia-a-dia das pessoas (SILVA, 2001).

Podem ser facilmente destacados alguns fatores condicionantes da falta de uma consolidação de base tecnológica na área (CAMPOS, 2004; BERTO, 2004; ONO, 2004; SEITO, 2004):

- as legislações de incêndio federal (NR 23), estadual (regulamentos do Corpo de Bombeiros) e municipal (código de obras) são, em geral, fragmentadas, defasadas e até mesmo conflitantes;
- a formação profissional ministrada por faculdades de Arquitetura e Engenharia brasileiras mostra-se deficiente, seja por não constar na grade curricular a disciplina de segurança contra incêndio, seja por apresentar informações insuficientes ou superficiais;
- a disponibilidade de literatura sobre o assunto se apresenta ainda restrita a publicações internacionais e a bibliografia nacional é escassa.

A inexistência de um código nacional de segurança contra incêndio³⁶ aprovado, em que fossem definidas as diretrizes gerais – legais e técnicas – da prevenção e proteção contra incêndio, resulta em que as regulamentações recaiam sob a esfera de responsabilidades municipal (por meio dos códigos de obras que referenciam basicamente os aspectos de circulação e segurança das normas brasileiras) e estadual (a própria legislação do Corpo de Bombeiros). Cada legislação, portanto, define seus próprios procedimentos e exigências para aprovação dos projetos de proteção contra incêndio e, inclusive, os profissionais habilitados a elaborá-los.

³⁶ Nos EUA, os códigos e normas da NFPA, além de contemplar os materiais de construção, sistemas de proteção contra incêndio e critérios de projeto, são aceitos e adotados em projetos de âmbito internacional (REISS; ANTELL, 2002).

Em função desses procedimentos, o Corpo de Bombeiros Militar do Estado do Espírito Santo (CBMES), por exemplo, considera como profissionais habilitados a elaborar os projetos de incêndio os engenheiros civis, arquitetos, engenheiros de segurança do trabalho e engenheiros formados antes da Resolução nº 218/79 do CONFEA, com o devido registro no CREA (CBMES, 2002). Com relação ao do Corpo de Bombeiros da Polícia Militar do Estado de São Paulo, o art. 16, do Decreto nº 46.076, de 31 de agosto de 2001, estabelece que “[...] nas edificações e áreas de risco a serem construídas cabe aos respectivos autores e/ou responsáveis técnicos, o detalhamento técnico dos projetos e instalações das medidas de segurança contra incêndio [...]” (BRASIL, 2001). Ou seja, qualquer engenheiro ou arquiteto registrado no CREA, com emissão da ART para o projeto técnico e outros serviços específicos de instalação e manutenção (chuveiros automáticos e pressurização de escadas, por exemplo), são considerados profissionais habilitados (CBPMESP, 2001a). Segundo a Resolução nº 142, de 15 de março de 1994, do Corpo de Bombeiros Militar do Estado do Rio de Janeiro, as empresas de projeto, engenheiros de segurança (projetistas autônomos) e empresas instaladoras, com o devido registro na Corporação, possuem condições de projetar os sistemas de segurança contra incêndio e pânico (CBMERJ, 1994).

A falta de consenso e de padronização com relação à nomenclatura para o projeto técnico de segurança contra incêndio também evidencia a deliberação individual das regulamentações dos Corpos de Bombeiros estaduais, cujos títulos podem ser observados no Quadro 4.3.

Estado	Denominação do projeto técnico de incêndio	Legislação
CE	Projeto contra Incêndio	Decreto nº 17.364/85 – Código de Segurança contra Incêndio
DF	Projeto de Instalação contra Incêndio e Pânico	Decreto nº 21.361/00 – Regulamento de Segurança contra Incêndio e Pânico
ES	Projeto de Proteção contra Incêndio e Pânico	Decreto nº 2125/85 – Código de Segurança contra Incêndio e Pânico
RJ	Sistemas de Segurança contra Incêndio	Decreto nº 897/76 – Código de Segurança contra Incêndio e Pânico, complementado pela Resolução Nº 169/94
SP	Projeto Técnico de Segurança contra Incêndio	Decreto nº 46.076/01 – Regulamento de Segurança contra Incêndio

Quadro 4.3 Diversas denominações dadas ao projeto de incêndio, ratificando as diferenças das regulamentações estaduais dos Corpos de Bombeiros

Fonte: *Sites* oficiais dos respectivos órgãos

De forma geral, engenheiros e arquitetos são os profissionais habilitados para atuar na elaboração dos projetos técnicos, enquanto os engenheiros de segurança também são incluídos, em função da legislação do Corpo de Bombeiros específica de cada Estado. Entretanto, essas definições profissionais, embora não padronizadas nacionalmente, se reportam ao CONFEA, órgão responsável pela habilitação dos profissionais.

A caracterização geral da legislação sobre segurança contra incêndio em edificações e áreas de risco é, portanto, bastante diferenciada. Os decretos estaduais possuem níveis de profundidade variáveis, destacando o decreto do Estado de São Paulo que, dentre as regulamentações estaduais brasileiras, é um dos mais abrangentes. Quanto às regulamentações municipais, alguns aspectos são conflitantes com as do Corpo de Bombeiros e, até mesmo, insuficientes (BERTO, 2004).

Por outro lado, boa parte dos avanços em termos de SCI deve-se ao caráter compulsório das legislações estaduais que promovem a previsão de instalação dos recursos da prevenção e de proteção passiva e ativa nas edificações (CAMPOS, 2004).

Nas escolas de Arquitetura não são discutidos, de uma forma mais aprofundada, os aspectos arquitetônicos relativos à SCI; apenas são passadas informações pertinentes às legislações e, mesmo assim, diluídas ao longo do curso e em tópicos específicos da matéria de projeto (BERTO, 2004; ONO, 2004). Na formação do engenheiro civil, o enfoque também é muito superficial. A questão do incêndio é tratada na matéria de instalações dos sistemas prediais, bem como, ocasionalmente, ligada aos aspectos da segurança do trabalho (CAMPOS, 2004).

Para efeito de aprovação de projetos pelo Corpo de Bombeiros, os engenheiros de segurança do trabalho também podem atuar na área. A Resolução nº 359, de 31 de julho de 1991, permite que todos os titulados como engenheiro (inclusive os da área de Agronomia) e os arquitetos obtenham o título de Engenheiro de Segurança do Trabalho, mediante conclusão de curso de especialização (pós-graduação) em Engenharia de Segurança do Trabalho. Dentre as várias atividades, está a de projetar sistemas de proteção contra incêndio, coordenar atividades de combate a incêndio e de salvamento e elaborar planos de emergência e catástrofes (CONFEA, 1991).

É interessante notar que os cursos de especialização de Engenharia de Segurança do Trabalho possuem disciplinas como *Segurança contra incêndio e explosões*, com carga horária de, aproximadamente, 60h voltadas aos conhecimentos básicos sobre incêndio e destinadas à profissionalização e obtenção das atribuições reconhecidas em proteção contra incêndio (HANSSEN, 2004). Entretanto, para se obter um maior aprofundamento, é necessário complementar a formação na prática e na instrução autodidata.

Atualmente, está tramitando na Câmara dos Deputados um projeto de lei que estipula somente aos bacharéis em **Engenharia, Arquitetura, Química e Física** o exercício da especialização de Engenharia de Prevenção e Combate a Incêndio, ministrada como curso de pós-graduação (BRASIL, 2004). Esse mesmo projeto de lei sugere ao Conselho Federal de Educação fixar a disciplina de segurança contra incêndio na grade curricular dos cursos de graduação acima citados, como uma maneira de fornecer conhecimentos básicos sobre o assunto e preparar o profissional para uma formação um pouco mais específica sobre incêndio.

Entende-se que essa iniciativa corresponde a um primeiro passo para a implantação de uma cultura de prevenção do incêndio no País. Entretanto, um passo ainda mais importante seria a criação do curso de graduação em Engenharia de Incêndio, dada a complexa e profunda interação necessária entre várias áreas: Engenharia, Arquitetura, Física, Química, Psicologia, Sociologia.

4.5.2 Segurança contra incêndio e processo de projeto

Com relação à inserção da segurança contra incêndio durante as etapas do projeto, pode-se considerar que ela é tratada, basicamente, como um item à parte a ser cumprido, quando os requisitos legais para aprovação assim o exigirem.

Embora não existam estudos específicos e aprofundados sobre como a SCI se integra nas etapas de projeto, ela se restringe a estudos de casos de pesquisas mais abrangentes, que considera o processo de projeto como um todo. Bauermann (2002) destaca em um de seus estudos de casos (edifícios metálicos de múltiplos andares) que sistemas de detecção e alarme de incêndio e o projeto de combate a incêndio fazem parte das instalações prediais, participando nas etapas de anteprojeto e projeto executivo. Para

aprovação do projeto no Corpo de Bombeiros, fez-se necessária a atuação do consultor, ocorrendo na etapa de anteprojeto.

A prática evidencia que, nos escritórios mais bem estruturados, há equipes que são responsáveis por estudar previamente e extrair das regulamentações todas as informações necessárias para definir as soluções de projeto em seu estágio inicial. Enquanto em outras realidades de organização de escritórios, os profissionais, por desconhecerem as implicações legais e técnicas da SCI, principalmente da proteção passiva, acabam não incorporando tais exigências no desenvolvimento inicial do projeto e *descobrem*, posteriormente, alguma restrição que inviabiliza a solução inicial de projeto (ONO, 2004).

As normas brasileiras ratificam a condição secundária da SCI, considerando-a como parte das instalações prediais. A NBR 12722 (ABNT, 1992), por exemplo, ao listar os tipos de projetos necessários às construções, entre eles, o projeto arquitetônico, projeto geotécnico e projeto estrutural, classifica o *sistema de proteção contra incêndio* como *Outras Instalações Especiais*. A NBR 13531 (ABNT, 1995) relaciona as atividades técnicas de projeto, luminotécnica, comunicação visual, paisagismo, impermeabilização e outros. Entretanto, a segurança contra incêndio é considerada como **atividade técnica complementar**.

Essa palavra – *complementar* – reflete o quanto a SCI e a metodologia do PBD, caso implementado, podem impactar de forma limitada ou quase nula o processo de projeto, uma vez que, na realidade brasileira, a SCI geralmente não recebe o mesmo nível de investimento e de valorização social, cultural, institucional e profissional, ainda que a *segurança contra o fogo* seja uma das exigências do usuário relativas ao desempenho no uso da edificação, preconizadas pelas normas NBR 13531/95 e ISO 6241.

Resumidamente, constata-se que muitos arquitetos não condicionam seu processo particular de criação do objeto arquitetônico aos diversos aspectos qualitativos da segurança contra incêndio, resultando em uma concepção diferenciada daquela cujo partido já nascesse imbuído da premissa de segurança. Isso é reflexo da deficiência na formação profissional no que tange a conceitos e princípios de projeto para a segurança contra incêndio.

Enquanto solução técnica de projeto, o sistema de SCI é pensado e desenvolvido por profissionais especializados, posteriormente à concepção do projeto de arquitetura, de forma que as soluções não são incorporadas ao projeto, ou seja, não *nascem* com o projeto, mas sim são adicionadas, *instaladas*, coerentemente com o fato de a SCI ser considerada como parte das instalações prediais e como atividade complementar, secundária.

4.5.3 Os processos de projeto

Em diferentes contextos, a atividade de *projetar* está ligada à idéia da produção de uma solução (produto) e da resolução de problemas (processo) (TZORTZOPOULOS, 1999). Assim, projetar consiste em

[...] um processo no qual a inteligência, criatividade e a paixão se transformam em uma ferramenta prática [...]. O conhecimento incorporado em um profissional ou em uma equipe de projeto utilizado para sintetizar as informações e criar é unicamente humano e não pode ser totalmente automatizado. Entretanto, o processo de projeto, no momento em que organiza o conhecimento e fornece uma estrutura sistemática para produção, gera no projetista novas opções e possibilidades de escolhas mais condizentes com a realidade (THE NATIONAL..., 2001, p. 1).

No contexto das atividades da construção civil do setor de edificações, estão: projeto, construção, uso, operação e manutenção. O processo de projeto se constitui como uma das etapas mais importantes da construção civil (MELHADO, 1994; TZORTZOPOULOS, 1999).

O processo de projeto deve considerar toda a cadeia produtiva envolvida naquelas etapas. Assim, a abordagem do processo de projeto deve assumir uma visão ampla, global, na qual o projeto se incumbe desde as etapas iniciais de concepção e planejamento do empreendimento até do acompanhamento do uso por parte dos clientes finais, e não apenas se restringe às etapas do projeto em si (TZORTZOPOULOS, 1999). Uma configuração básica que caracteriza o processo de projeto pode ser apresentada na Figura 4.9.

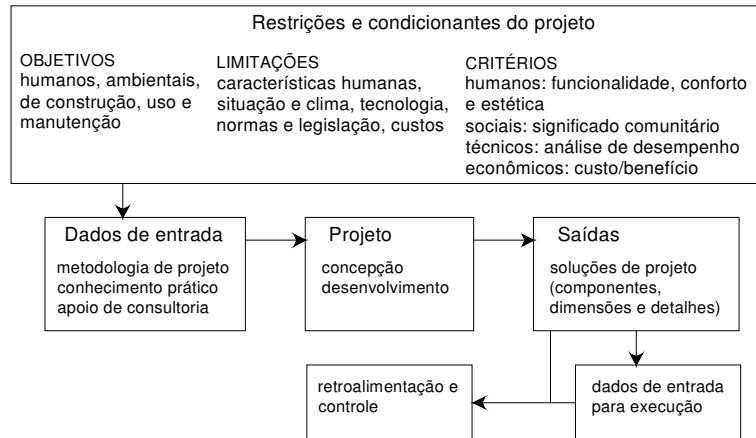


Figura 4.9 Caracterização geral do processo de projeto

Fonte: Adaptação de Melhado e Agopyan, 1995

a) Processo de projeto tradicional

O problema do processo de projeto tem sido profundamente estudado por diversos autores e pesquisadores em âmbito nacional e internacional. O enfoque dos estudos brasileiros sobre os modelos de processo de projeto tem sido direcionado e inserido, eminentemente, em um contexto de gestão da qualidade, dadas as características próprias e os problemas peculiares da construção civil brasileira (CONDE, 2001). Ou seja, há toda uma discussão, elaboração de análises e de propostas voltadas sobre como agregar qualidade às etapas do processo de produção da construção como um todo.

As pesquisas realizadas identificam o modelo ainda praticado na maior parte da rotina do setor de construção que corresponde ao modelo sequencial de desenvolvimento do processo de projeto, sem o caráter da multidisciplinaridade (BAÍÁ; MELHADO, 1998a). A Figura 4.10 mostra o esquema genérico do processo de projeto tradicional.

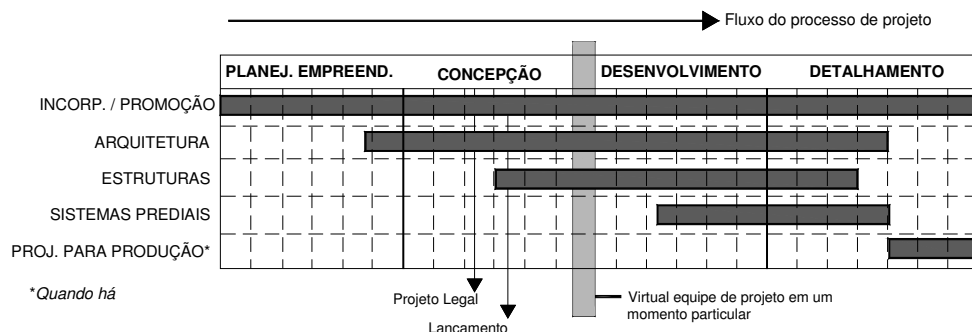


Figura 4.10 Esquema genérico do processo de projeto tradicional (sequencial) com a participação dos principais intervenientes

Fonte: Fabricio e Melhado, 2001

Podem ser ressaltadas algumas características principais relacionadas com esse modelo (FABRICIO; BAÍA; MELHADO, 1998; FABRICIO; BAÍA; MELHADO, 1999; FABRICIO; MELHADO, 2001):

- Processo fragmentado e fluxo seqüencial de projeto: a indústria da construção de edifícios se caracteriza por seu processo produtivo ser bastante fragmentado entre programa – projeto – produção, configurando diferentes equipes responsáveis por essas três áreas. Essa fragmentação se reflete inclusive nas equipes de projeto que também são compostas por profissionais de diferentes especialidades (arquitetura, estrutura, sistemas prediais e outros), pertencentes, na maioria dos casos, a diferentes escritórios. A mobilização desses profissionais relativa às diversas especialidades ocorre de forma seqüencial, de acordo com a fase de desenvolvimento do produto, compondo equipes de projeto temporárias e variáveis ao longo da produção do empreendimento. Assim, o processo de projeto se efetiva por meio de uma sucessão de diferentes etapas em que a liberdade de decisões entre alternativas vai sendo substituída pelo amadurecimento e desenvolvimento das soluções adotadas, ao mesmo tempo em que o projeto caminha da concepção arquitetônica para o detalhamento dos projetos de especialidades.

Essa orientação cartesiana, consolidada a partir da formação das escolas de Engenharia, corresponde a uma perspectiva tecnológica e mais coletiva para a concepção de novos objetos, ou seja, ao se elaborar os problemas a partir da divisão e subdivisão em partes específicas e isoladas, permite-se um tratamento aprofundado das questões envolvidas e pressupõe-se a posterior composição dessas partes, onde o todo é a soma das partes (FABRICIO; MELHADO, 2002a).

Nesse arranjo tradicional de processo de projeto, constata-se que há uma relação hierárquica entre o projeto de arquitetura e os demais projetos, estando respaldada por normas técnicas em vigor (especialmente a NBR 12722/92) e textos técnicos que abordam o assunto. Essa hierarquia considera o projeto de arquitetura como o responsável pelas indicações a serem seguidas pelos projetistas de estruturas e instalações. De forma particular, esse modelo de processo de projeto permite considerar que as análises e o desenvolvimento dos projetos dos sistemas prediais sejam feitos *sobre* as plantas de arquitetura, ou seja, a sobreposição de projetos é uma prática predominante. Nesse contexto, o projeto de arquitetura é tido como o mais importante e

os demais projetos são tratados como *projetos complementares* (BAÍÁ; MELHADO, 1998b; FONTENELLE; MELHADO, 2000).

É corrente a prática de que uma etapa de projeto de determinada especialidade dependa, para ser iniciada, do término de uma etapa da outra especialidade. Assim, a concepção do edifício ocorre de forma separada do desenvolvimento do projeto (FABRICIO; BAÍÁ; MELHADO, 1998).

- **Processo individualizado:** uma das características que tem se intensificado no processo de projeto tradicional é o aumento do número de intervenientes, fruto tanto da maior especialização em função do avanço tecnológico, como da necessidade de aproximação do projeto às necessidades da fase de produção, via projetos especializados. Isso tende a aumentar a complexidade do processo, especialmente pelo maior fluxo de informações e necessidade de integração e compatibilização entre todos os intervenientes (FONTENELLE; MELHADO, 2002). Cada especialidade de projeto deve estar integrada e compatibilizada entre si e com o processo de produção. O arranjo tradicional de trabalho é apresentado na Figura 4.11, na qual o projeto é desenvolvido de forma seqüencial, com a participação dos projetistas dos projetos complementares iniciando após a concepção do projeto arquitetônico (MELHADO, 1994).

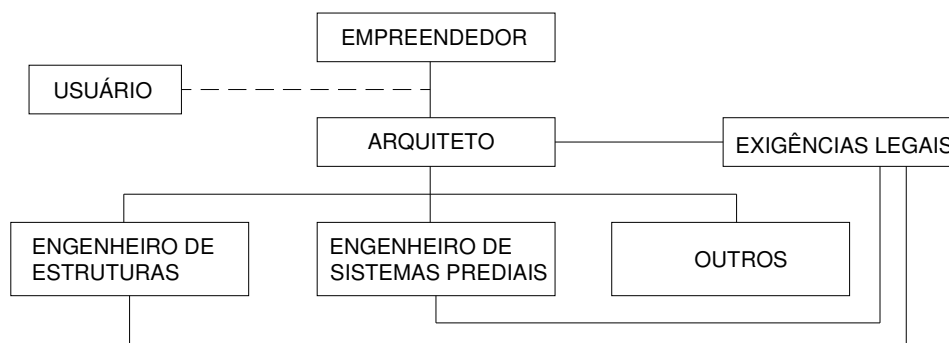


Figura 4.11 Arranjo de equipe de projeto tradicional

Fonte: Melhado, 1994

A forma de contratação dos projetistas varia com a política da empresa contratante de modo que, para a viabilidade do empreendimento e para atender aos requisitos de aprovação legal, a empresa de arquitetura é contactada antes dos demais projetistas. Baía e Melhado (1998a) afirmam que há casos em que a participação dos projetistas de estruturas, dos sistemas prediais, das fundações e de eventuais consultores é feita muitas

vezes de maneira informal, geralmente nas etapas de estudo preliminar e de anteprojeto, sendo contratados efetivamente somente na etapa posterior à aprovação legal, quando o empreendimento é lançado, ou seja, no detalhamento das soluções.

É comum o estudo preliminar ser desenvolvido com os conhecimentos do arquiteto e quaisquer dúvidas que ocorram no decorrer ou posteriores ao processo serem esclarecidas sob consulta telefônica a outros profissionais que não necessariamente serão contratados para o projeto (CONDE, 2001).

- **Qualidade:** o trabalho não sistematizado e a desarticulação presente nas diversas equipes de projeto são um dos obstáculos que limitam a qualidade da gestão projetual. A definição do produto edificado sem a consideração adequada das formas e implicações quanto às diversas soluções adotadas acaba gerando uma série de problemas, como especificações e detalhamento incompletos do produto, falhas e incompatibilidades entre os sistemas, os quais muitas vezes são detectados em estágios avançados da obra, implicando em retrabalhos posteriores.

Fabricio, Baía e Melhado (1998) ratificam as características acima descritas com alguns fatores que contribuem para uma falta da qualidade do processo de projeto como um todo, desenvolvido segundo esse modelo sequencial, fragmentado e não sistêmico:

- baixo grau de compromisso dos profissionais e empresas de arquitetura com os objetivos do contratante;
- ausência de metodologias adequadas para o levantamento das necessidades dos clientes;
- excesso de retrabalho ao longo do desenvolvimento do projeto, em função das alterações do contratante e da falta de integração entre os diversos agentes participantes;
- controle de qualidade durante o processo de projeto ocorre de forma incipiente;
- inexistência de uma troca sistemática de informações entre os escritórios de projeto e a obra, suprimindo os princípios da racionalização e da construtibilidade desde as etapas iniciais do processo de projeto;
- ausência de coordenação no processo de projeto do edifício.

Etapas do processo de projeto tradicional

Em geral, entende-se que a divisão do processo de projeto em etapas possibilita uma melhor compreensão de todas as ações desenvolvidas, bem como a criação de instrumentos de gestão e controle da qualidade de todo o processo (TZORTZOPOULOS, 1999; CONDE, 2001).

As etapas do projeto de uma edificação são as partes sucessivas em que pode ser dividido o processo de desenvolvimento das atividades técnicas de projeto (SOUZA et al., 1995). Entretanto, não existe um consenso comum com relação às definições das etapas, havendo variações sobre o número de etapas e a nomenclatura utilizada pelos diversos autores e entidades, mesmo possuindo o mesmo escopo e conteúdo.

Assim, as subdivisões do processo de projeto podem variar desde as mais simplificadas, com três etapas – estudo preliminar, anteprojeto e projeto definitivo ou executivo – com uma etapa desenvolvida em paralelo com o anteprojeto, denominada projeto legal, e outras subdivisões mais detalhadas que contemplam o desenvolvimento do projeto em sua totalidade, possuindo um enfoque mais sistêmico, desde a idealização do produto até a verificação da satisfação do cliente final (TZORTZOPOULOS, 1999).

O Quadro 4.4 apresenta a subdivisão do processo de projeto tradicional proposta por autores, pesquisadores e normas ABNT, sendo largamente utilizada no setor de edificações.

Perante essa falta de uniformidade quanto à subdivisão das etapas do processo de projeto, é possível representar um fluxo de atividades de projeto (Figura 4.12), de caráter mais abrangente e que considera todas as propostas acima descritas.

AUTOR / REFERÊNCIA	SUBDIVISÃO PROPOSTA
MELHADO (1994)	<ol style="list-style-type: none"> 1. Idealização do produto 2. Projeto de arquitetura – EP, AP, PL e PE 3. Projeto de estruturas e fundações – AP e PE 4. Projeto de sistemas prediais – AP e PE 5. Projeto para produção (EP: estudo preliminar / AP: anteprojeto / PL: projeto legal / PE: projeto executivo)
NBR 13531 (ABNT, 1995)	<ol style="list-style-type: none"> 1. Levantamento 2. Programa de necessidades 3. Estudo de viabilidade 4. Estudo preliminar 5. Anteprojeto ou pré-executivo 6. Projeto legal 7. Projeto básico (opcional) 8. Projeto para execução
SOUZA et al. (1995)	<ol style="list-style-type: none"> 1. Levantamento de dados 2. Programa de necessidades 3. Estudo de viabilidade 4. Estudo preliminar ou estudo de massa 5. Anteprojeto 6. Projeto legal 7. Projeto pré-executivo 8. Projeto básico 9. Projeto executivo 10. Detalhes de execução / detalhes construtivos 11. Caderno de especificações 12. Coordenação e gerenciamento de projetos 13. Assistência à execução 14. Projeto <i>as built</i>
TZORTZOPOULOS (1999)	<p>Planejamento estratégico – pesquisa de mercado (pré-requisito)</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Planejamento e concepção do empreendimento 2. Estudo preliminar 3. Anteprojeto 4. Projeto legal de arquitetura 5. Projeto executivo 6. Acompanhamento de obra 7. Acompanhamento de uso/avaliação <p><i>Feedback</i> para novos processos</p>
NOVAES (2001)	<ol style="list-style-type: none"> 1. Estudos de viabilidade e concepção do produto (informações sobre o empreendimento, normalização e legislação, processo construtivo, exigências de desempenho); análise crítica de projetos 2. Estudo preliminar produto/produção; compatibilização e análise crítica de projetos 3. Anteprojeto produto/produção; compatibilização e análise crítica de projetos 4. Projeto executivo produto/produção; compatibilização e análise crítica de projetos 5. Produção

Quadro 4.4 Algumas subdivisões das etapas do processo de projeto

FASE / ETAPAS (processo projeto)		OBJETIVOS / ÊNFASE
PLANEJAMENTO ESTRATÉGICO (pré-requisito)		- Definição de metas do empreendimento para cada tipologia de produto - Definição de estratégias de competição em cada segmento de produto (comercial, residencial, industrial) e dos meios para atuar em cada estratégia
↓		
FASE I PLANEJAMENTO DO EMPREENDIMENTO		- Prospeção de terrenos disponíveis para compra/permuta, em função das metas do empreendimento definidas no planejamento estratégico - Verificação dos potenciais construtivos nos terrenos disponíveis (estudos analíticos e de massa) - Análise de viabilidade técnica, econômica e comercial do produto - Aprovação da compra de um dado terreno
↓		
FASE II CONCEPÇÃO DO PRODUTO		- Caracterização completa do produto pela equipe de Promoção das necessidades dos clientes (Programa de necessidades) - Desenvolvimento pela equipe de Arquitetura de alternativas preliminares de concepção e implantação do produto no terreno. Escolha da alternativa - Conformação do "partido arquitetônico" às necessidades (espaços e elementos) das outras especialidades de projeto - Aprovação do estudo preliminar de arquitetura
FASE III - DESENVOLVIMENTO DO PRODUTO	↓	
	ANTEPROJETO (AP)	- Formalização da composição estrutural <i>sobre</i> o AP de arquitetura - Definição da tecnologia construtiva dos subsistemas e análise e compatibilização inicial de suas principais interfaces - Estudo geral dos sistemas prediais <i>sobre</i> o AP de arquitetura, compatibilizado com o AP de estrutura - Compatibilização da interface dos projetos para produção com os projetos do produto, nas várias especialidades - Consolidação técnica e econômica do produto, permitindo avaliações iniciais sobre a qualidade do projeto, preço de venda e custo da obra
	↓	
	PROJETO LEGAL (PL)	- Apresentação do AP de arquitetura sob a forma de projeto legal para aprovação nos órgãos públicos - Registro da incorporação no cartório de registro de imóveis - Desenvolvimento do material promocional do empreendimento e da documentação para a venda das unidades - Lançamento comercial do empreendimento
↓	↓	
	PROJETO EXECUTIVO (PE)	- Resolução de todas as interfaces entre projetistas, a partir da definição completa e detalhada de todas as tecnologias construtivas e especificações, de modo a possibilitar o desenvolvimento individual de cada especialidade de projeto - Representação final dos produtos de projeto de cada especialidade, incluindo os projetos para produção, com o predomínio de atividades individuais dentro de cada escritório de projeto - Entrega final dos projetos detalhados antes do início das obras
	↓	
FASE IV PROJETO AS BUILT		- Coleta de dados - Desenvolvimento do projeto <i>as built</i>
↓		
FASE V ACOMPANHAMENTO OBRA		- Acompanhamento técnico dos projetistas durante a obra
↓		
FASE V AVALIAÇÃO FINAL		- Avaliação da satisfação do cliente final - Avaliação pós-ocupação

Figura 4.12 Fluxo resumido das principais etapas e objetivos do processo de projeto

Fonte: Adaptação de Fabricio, Baía e Melhado, 1999; Fontenelle e Melhado, 2002

b) Processo de projeto simultâneo

A proposta do **projeto simultâneo**, criada a partir da Engenharia Simultânea (ES), representa importante contribuição para o processo de projeto, pois, trabalhando dentro de uma ótica da melhoria do desempenho, considera o desenvolvimento do produto desde os primeiros momentos da concepção e do projeto, levando-se em conta todas as

suas características, possibilidades e dinâmicas próprias do setor de construção³⁷ (FABRICIO; MELHADO, 1998). O projeto simultâneo trabalha, portanto, com a gestão do processo de projeto e com a busca da **colaboração** e do **paralelismo** na atuação dos agentes e na **concepção integrada** das diferentes dimensões do empreendimento.

O conceito do projeto simultâneo deve se entendido como

[...] uma adaptação ao setor da engenharia simultânea que busca a convergência, no projeto do edifício, dos interesses dos diversos agentes participantes do ciclo de vida do empreendimento, considerando precoce e globalmente as repercussões das decisões de projeto na eficiência dos sistemas de produção e na qualidade dos produtos gerados, envolvendo aspectos como construtibilidade, habitabilidade, manutenibilidade e sustentabilidade das edificações (FABRICIO; MELHADO, 2000, p. 7).

Do ponto de vista operacional, o projeto simultâneo está associado à realização em paralelo das atividades de projeto, de forma que a participação dos vários especialistas envolvidos em diferentes fases do ciclo de produção do empreendimento ocorre desde a concepção do produto, considerando antecipadamente as necessidades e visões dos clientes. São princípios do projeto simultâneo (FABRICIO; BAÍIA; MELHADO, 1999):

- realização em paralelo das várias etapas do processo de desenvolvimento de produto, em especial, desenvolvimento conjunto de projetos do produto e para produção;
- integração de visões de diferentes agentes do processo de produção, por meio da formação de equipes multidisciplinares;
- fomento à interatividade entre os participantes da equipe multidisciplinar com ênfase para o papel do coordenador de projetos como fomentador do processo;
- forte orientação para a satisfação dos clientes e usuários, ou seja, transformação das aspirações pessoais em especificações de projeto.

Comparando-se o arranjo tradicional de equipe de projeto (Figura 4.11) com o conceito da equipe multidisciplinar (Figura 4.13), tem-se que este reflete a prática e condiz com a

³⁷ A Engenharia Simultânea (ES), também denominada de Engenharia Concorrente ou Engenharia Paralela, traduz o termo da língua inglesa *concurrent engineering*. Os primeiros estudos sobre a ES remontam à segunda metade da década de 80, cujas principais características de desenvolvimento de projetos derivam da indústria japonesa. Consiste em uma abordagem de desenvolvimento integral e integrado de novos produtos envolvendo todas as decisões de diferentes âmbitos relacionadas com a concepção, produção, comercialização, uso e manutenção do produto – conceito de ciclo de vida, incluindo controle de qualidade, custos, prazos e necessidades dos clientes (FABRICIO; MELHADO, 2002b).

adoção dos princípios do projeto simultâneo, de forma que as atividades deixam de ser hierarquizadas sequencialmente, passando a se organizar em atividades simultâneas.

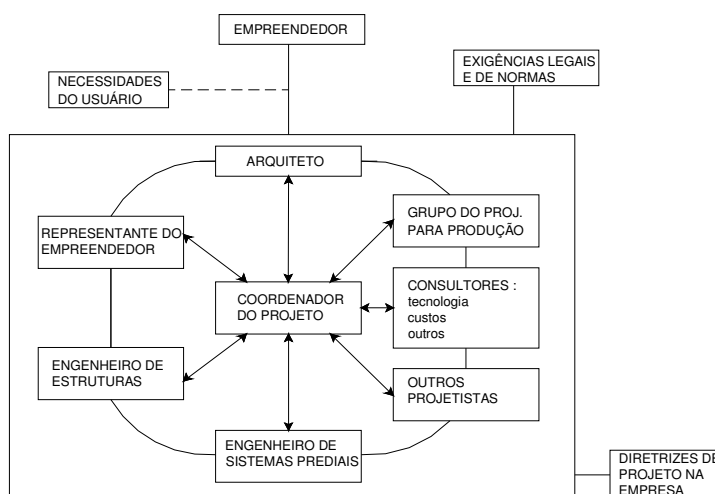


Figura 4.13 Arranjo de equipe de projeto multidisciplinar

Fonte: Melhado, 1994

A metodologia do projeto simultâneo propõe que é necessário estabelecer uma sequência de atividades que permita que conteúdos de projetos distintos, referentes a diferentes especialidades e com níveis de amadurecimento semelhantes, sejam tratados e resolvidos paralelamente.

É preciso que o processo de projeto seja dividido em suas etapas e que estas sejam subdivididas para que se delimitem as várias atividades em cada etapa do projeto de cada especialidade. Assim, as informações de uma dada especialidade devem estar disponíveis para serem utilizadas e discutidas por outras, paralelamente à sua elaboração, buscando otimizar o processo de trabalho. Essa metodologia amplia sensivelmente a interatividade entre os projetistas, os quais podem coordenar e compatibilizar as soluções simultaneamente, ao invés de executá-las somente após os projetos desenvolvidos (como ocorre no modelo tradicional), o que significaria um grande retrabalho e uma volta a estágios de projetos já vencidos, caso fosse preciso propor alterações (FABRICIO; BAÍÁ; MELHADO, 1999).

A Figura 4.14 ilustra uma proposta para a sequência do processo simultâneo de projeto com destaque para o paralelismo e a interatividade entre as diversas especialidades de projeto.

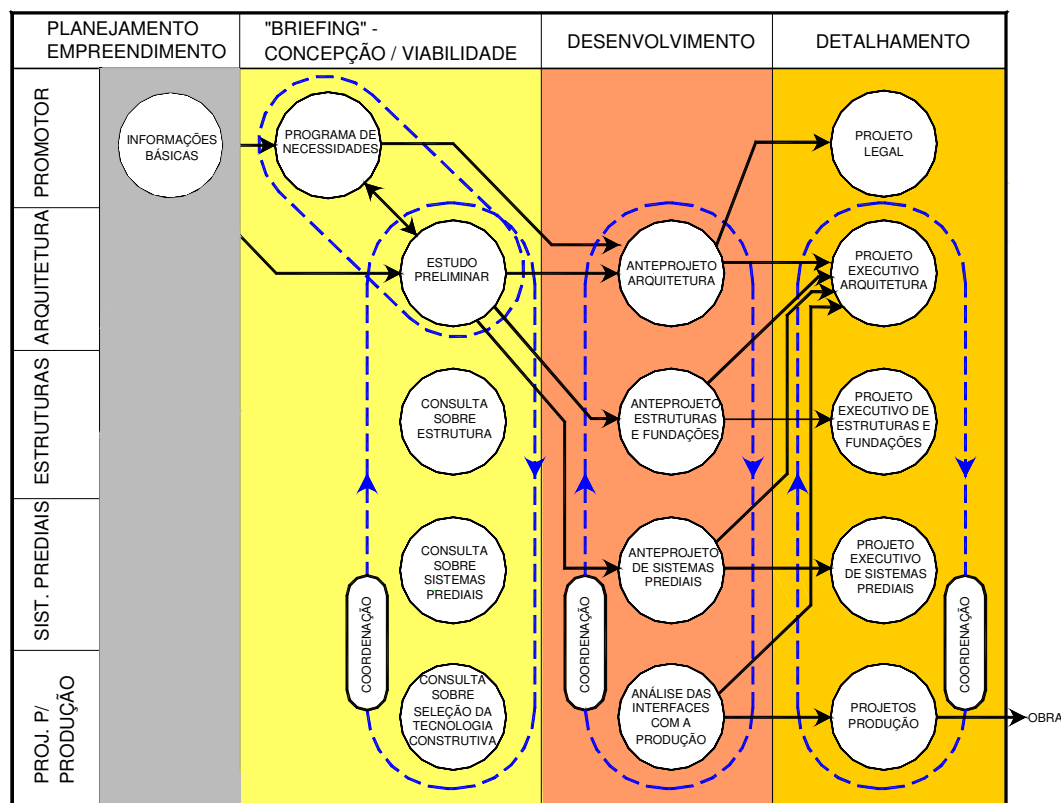


Figura 4.14 Proposta para a sequência do projeto simultâneo, com ênfase no paralelismo e interatividade entre especialidades

Fonte: Fabricio; Melhado, 2001

Na primeira etapa, as **informações básicas** compreendem o levantamento e coleta de dados sobre características do terreno e de sua ocupação. Na segunda etapa, **concepção e viabilidade**, estão agrupadas as atividades para o levantamento do programa de necessidades a ser atendido no desenvolvimento do produto e o estudo preliminar de arquitetura, com o objetivo de elaborar o conceito do empreendimento. Devem ser consideradas informações e experiências de outras especialidades de projeto e de produção, ao mesmo tempo em que se analisam as possíveis implicações das alternativas em relação às possibilidades tecnológicas e construtivas. A terceira etapa refere-se ao **desenvolvimento interativo dos diversos anteprojetos**, cuja coordenação das soluções das diferentes especialidades de projeto visa a amarrar as decisões e otimizar globalmente o projeto. No quarto estágio, o de **detalhamento**, são particularizadas as soluções das respectivas especialidades de projeto do produto que subsidiam a definição final dos projetos para produção.

4.5.4 Adequação do PBD no processo de projeto

A caracterização geral dos principais conceitos e aspectos relacionados com o processo de projeto de segurança contra incêndio baseado em desempenho, apresentada no Capítulo 2, fornece subsídios para formular uma proposta de adequação desses conceitos no processo de projeto praticado no contexto brasileiro, nas formas do modelo tradicional e do projeto simultâneo, anteriormente discutidos.

A Engenharia de Segurança contra Incêndio se configura como um novo campo de competência e atuação. Portanto, um projeto moderno de SCI deve ser parte integrante de todo o processo de projeto. Entender as interações entre os possíveis incêndios de projeto dentro de um *layout* e as instalações da edificação (e ela própria) exige um conhecimento especializado do fenômeno, do comportamento dos produtos e dos componentes construtivos em situação de incêndio.

Ao engenheiro cabe analisar quantitativamente e projetar não apenas para as possibilidades de cenários de incêndio, mas precisa considerar a reação (comportamento) das soluções nos respectivos cenários. Quanto ao arquiteto, sua participação exige conhecimento qualitativo dos princípios da segurança contra incêndio inter-relacionados com a edificação (como *layout*, materiais utilizados, relação com o entorno) considerando as exigências funcionais, estéticas e econômicas do cliente (CIB269, 2001).

Dessa forma, as decisões de projeto tomadas durante a concepção e o desenvolvimento do projeto estão intimamente relacionadas, pois, na medida em que o engenheiro avalia a severidade do incêndio e quantifica as exigências de resistência dos elementos construtivos e estruturais, ele influencia os demais projetos, propondo alternativas às instalações do edifício, ao *layout* ou mesmo à solução arquitetônica inicialmente proposta.

Nesse contexto, a análise e o projeto baseados em desempenho passariam a constituir um dos elementos do processo de projeto, construção e operação, de forma que o momento mais apropriado para seu início é durante a fase de viabilidade ou de concepção do empreendimento, quando as principais decisões de projeto são tomadas.

Quanto mais antecipado for o envolvimento dos profissionais, maiores os benefícios, como (SFPE, 2000):

- flexibilidade de projeto;
- inovações no projeto, construção e materiais;
- segurança contra incêndio equivalente ou superior;
- maximização da relação custo/benefício;
- otimização da qualidade e do custo das medidas de segurança.

É apresentada a seguir a inclusão do PBD nas duas metodologias do processo de projeto – tradicional e simultâneo – a partir de suas principais etapas e atividades, ilustradas na Figura 4.15.




ETAPAS		ATIVIDADES
(1) Estudo de viabilidade do PBD		A - escopo do projeto B - metas e objetivos do projeto de segurança
 (2) Concepção do projeto	(2A) Análise qualitativa	C - estratégias de projeto (<i>trial design</i>) D - determinação dos critérios e requisitos de desempenho E - determinação dos cenários de incêndio
	(2B) Análise quantitativa	F - produção da proposta de projeto G - avaliação do projeto proposto
 (3) Desenvolvimento do projeto		H - seleção do projeto final I - desenvolvimento do projeto de segurança contra incêndio
 (4) Detalhamento / documentação final		J - documentação do projeto (plantas, especificações, manuais de operação e manutenção)

Figura 4.15 Principais etapas e atividades do PBD

A metodologia do PBD se desenvolve de forma mais propícia dentro do modelo do projeto simultâneo em função da condição de melhor adequação das decisões de projeto às fases iniciais de idealização do edifício e ao longo do seu processo, bem como pela vantagem da maior proximidade e interatividade entre os profissionais das diversas especialidades de projeto. Entretanto, dado o fato de a prática corrente de projeto ser a do modelo tradicional (seqüencial), são analisadas as duas possibilidades de adequação, ressaltando-se que este último não viabiliza, de forma plena, toda a potencialidade do sistema PBD.

a) PBD no processo de projeto tradicional

A Figura 4.16 ilustra a inter-relação entre os elementos participantes e as etapas do desenvolvimento do processo de projeto tradicional com a inserção das principais etapas do PBD mostradas na Figura 4.15.

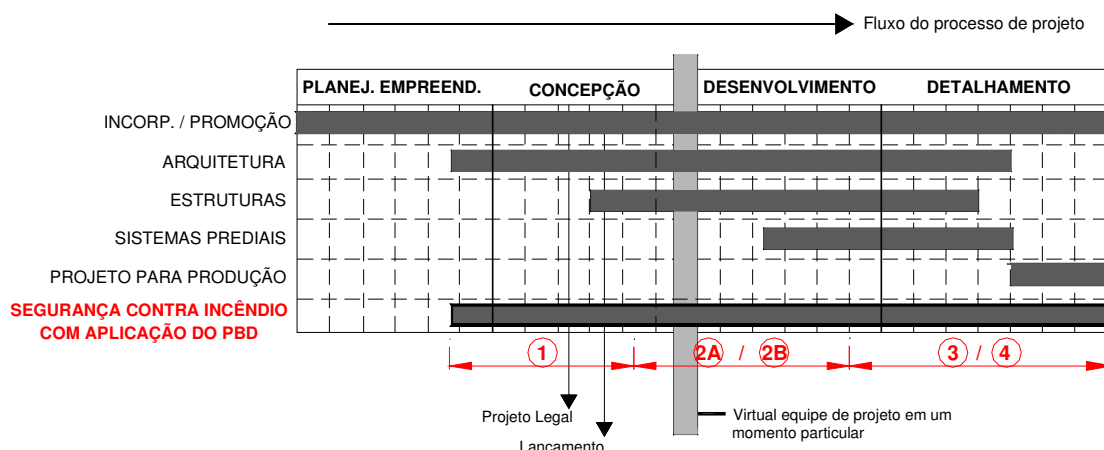


Figura 4.16 Inclusão do PBD no modelo tradicional de processo de projeto

Fonte: Adaptação de Fabricio e Melhado, 2001

Nesse contexto, o desenvolvimento do PBD deve se adaptar às características inerentes a esse modelo, inserindo-se de forma coordenada entre os demais intervenientes do processo. Cada participante, articulado sequencialmente segundo uma certa ordem de precedência, contribui com o desenvolvimento de uma dada parte ou especialidade de projeto, que será utilizada como insumo pelo projetista seguinte (FABRICIO; BAÍA; MELHADO, 1999).

A **1ª fase**, que corresponde ao planejamento do empreendimento, visa a avaliar seu potencial construtivo por meio de um estudo de viabilidade e de um estudo de massa. Após ter sido comprovada a viabilidade econômica e comercial, a equipe de arquitetura desenvolve o estudo de massa, que direciona as primeiras definições da edificação, configurando o partido arquitetônico. Nesse momento, a participação do engenheiro de incêndio é primordial, pois tem como objetivo analisar a aplicação do PBD à edificação, levando-se em conta os diversos aspectos que influenciarão sua viabilidade naquele contexto.

Os aspectos que devem ser considerados nessa análise preliminar dizem respeito à interação entre edificação, meio ambiente e usuários, constituindo-se, portanto, no

estudo de viabilidade do PBD (1). Por exemplo, analisa-se a viabilidade legal do uso do PBD ou ainda procura-se avaliar sua implicação no custo do sistema de segurança contra incêndio.

A **2ª fase** compreende o estudo preliminar. Consiste na concepção e representação gráfica preliminar do partido arquitetônico adotado, em função dos parâmetros e exigências do programa de necessidades. Nessa fase, em que a linguagem arquitetônica começa a se configurar, deve ser traçado o escopo do projeto de SCI, bem como as metas e objetivos do projeto. É em função das metas de segurança (proteção à vida humana, patrimonial e meio ambiente) que se direcionará o enfoque dado às soluções de segurança propostas à edificação, interagindo simultaneamente com a solução arquitetônica.

Ao final dessa etapa e no início da **3ª fase**, ou seja, no momento em que se passa do estudo preliminar para o anteprojeto, inicia-se a **concepção do projeto (2)**, na qual as análises qualitativa (**2A**) e quantitativa (**2B**) são executadas.

A etapa de anteprojeto inclui a participação de todos os intervenientes do processo e é o momento para que, dentre as estratégias (opções de sistemas de segurança) de projeto a serem estudadas, defina-se aquela que melhor corresponde aos critérios e requisitos de desempenho estipulados. A análise quantitativa, executada considerando o anteprojeto compatibilizado (arquitetura, estruturas, sistemas prediais), tem por objetivo avaliar se a solução adotada atende ou não aos critérios de desempenho. Em caso afirmativo, passa-se à produção do projeto legal; caso contrário, deve-se reavaliar e modificar as estratégias de projeto. Se todas as estratégias previstas não atenderem aos requisitos, deve-se, em última instância, reavaliar os objetivos iniciais de projeto. É interessante ressaltar que, no momento em que o projeto for encaminhado à aprovação,³⁸ sua concepção definitiva já se encontra respaldada tecnicamente, após a análise quantitativa ter sido executada e aprovada.

A **4ª etapa**, de detalhamento, consiste na representação final e completa da edificação com todas as informações técnicas e memoriais necessários ao entendimento do projeto, execução da obra e elaboração de orçamento. As soluções são detalhadas em cada

³⁸ A legislação pertinente e os órgãos de aprovação devem aceitar a proposta do PBD em paralelo à legislação prescritiva.

especialidade envolvida, contando, inclusive, com consultorias específicas. O **desenvolvimento definitivo do projeto de segurança contra incêndio (3)** e o **detalhamento e documentação final (4)** se iniciam a partir do projeto legal aprovado e compreendem os respectivos estágios subsequentes, com a garantia de que todo o processo reflita diretamente os objetivos e conceitos propostos no início da elaboração do PBD.

b) PBD no processo de projeto simultâneo

A Figura 4.17 apresenta a inclusão do PBD na proposta genérica para a organização do projeto simultâneo.

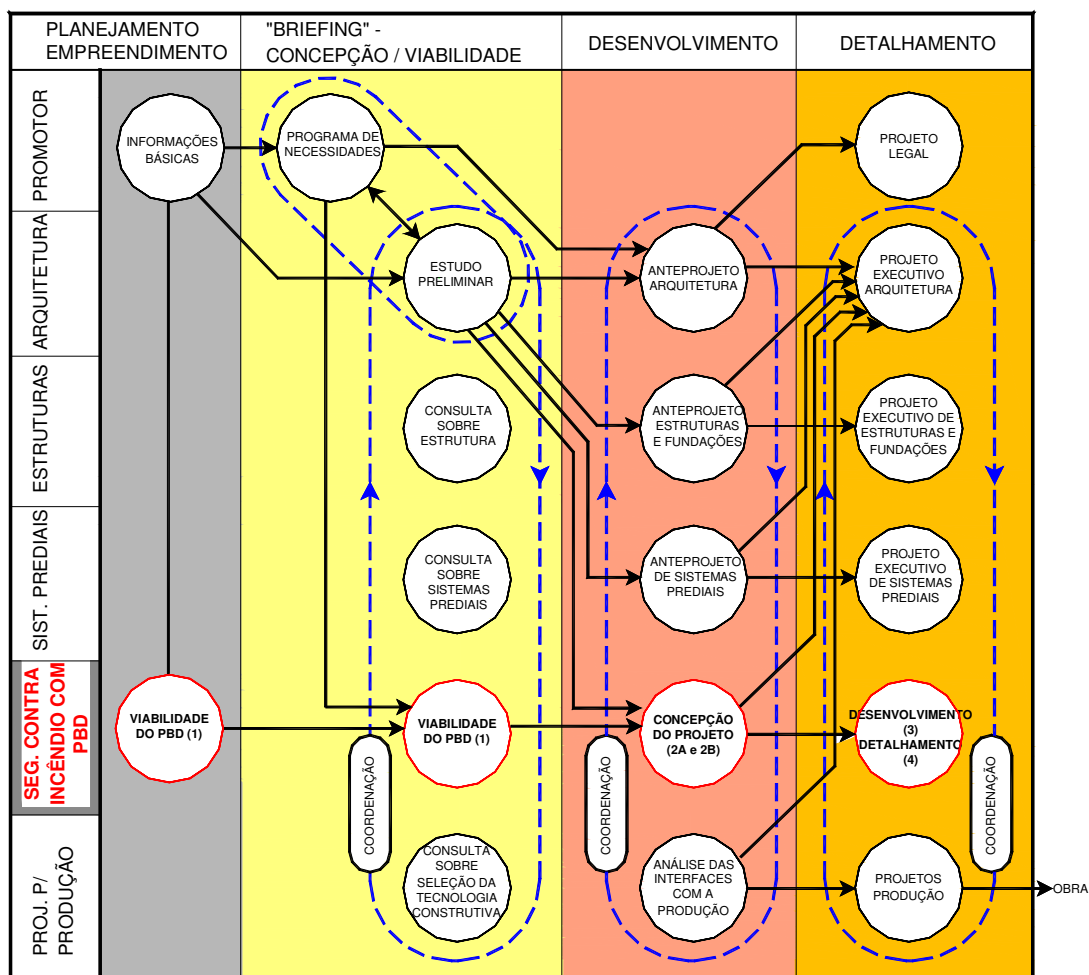


Figura 4.17 Inclusão do PBD no modelo de processo de projeto simultâneo

Fonte: Adaptação de Fabricio e Melhado, 2001

O aspecto conceitual das etapas e atividades do PBD relacionadas com as quatro etapas do desenvolvimento do projeto, apresentado segundo o modelo tradicional de processo de projeto (Figura 4.16), possui similaridade com o processo de projeto simultâneo, ou seja, a conexão das atividades do PBD com as atividades do processo de projeto é basicamente a mesma em se tratando do modelo tradicional (seqüencial) ou simultâneo (multidisciplinar). Distingue-se, no entanto, a capacidade de gerenciamento interno do processo: o desenvolvimento coordenado entre as várias especialidades de projeto dinamiza todo o sistema, em vez de se executar somente a compatibilização entre projetos.

O paralelismo entre etapas de projeto e a interatividade entre os participantes dessas etapas criam um ambiente propício a uma maior e melhor definição parcial de cada etapa. Ou seja, a transição de uma etapa para outra implica que a etapa em questão esteja mais depurada e mais bem resolvida em termos de compatibilização e interação entre as especialidades de projeto.

Presente nas primeiras etapas do processo, ou seja, no planejamento do empreendimento e na concepção do produto (*briefing*), o **estudo de viabilidade do PBD (primeira etapa)** compõe, juntamente com as informações sobre estruturas, sistemas prediais e tecnologia, o estudo preliminar. A participação inicial do PBD no processo e a multidisciplinaridade formam uma condição favorável a uma concepção mais aprofundada e integrada do projeto.

Na etapa de desenvolvimento, em que o anteprojeto é o produto principal, a **2ª etapa, a concepção do PBD**, ganha uma maior ênfase, na medida em que as análises qualitativa e quantitativa são executadas de forma mais coerente, pois o anteprojeto de arquitetura, desenvolvido a partir do estudo preliminar, encontra-se em um nível de solução mais completo.

Nesse momento, em que se conclui essa etapa de concepção, principalmente com os resultados da análise quantitativa, já estão disponíveis todas as informações relevantes sobre o sistema de segurança contra incêndio a ser executado em perfeita compatibilização e interação com as soluções de arquitetura. Dessa forma, as soluções geradas em termos de instalações, sistemas, equipamentos de segurança contra incêndio

e as que estão relacionadas com arquitetura (largura das saídas, rotas de escape e ventilação) formam um conjunto integrado que corresponde ao cumprimento dos objetivos e metas inicialmente propostos para a segurança humana, da edificação e do meio ambiente.

Da mesma forma que no processo de projeto tradicional, o anteprojeto sucede as etapas do projeto legal e projeto executivo. Entretanto, cada etapa do *performance-based design* e das demais especialidades de projeto interagem dinamicamente, recebendo e gerando influências globais.

Assim, ao se alcançar o **desenvolvimento e detalhamento** da solução definitiva, a produção de todo o conjunto de informações referentes ao detalhamento técnico (desenhos e plantas), de memoriais e de manuais (especificação, manutenção e operação) ocorre independentemente do detalhamento das outras especialidades de projeto, uma vez que todas as interfaces se encontram resolvidas.

Uma diferença que pode ser destacada, caso qualquer etapa do PBD não seja adequada e, portanto, não atenda aos requisitos da etapa em questão, é que se modificam ou se reavaliam as informações relativas a essa etapa, evitando-se voltar ao início do processo, como na forma tradicional. Essa vantagem decorre da interatividade e dinâmica interna de cada etapa de projeto cujo resultado repercute no processo como um todo.

A participação do PBD no processo de projeto, este entendido como uma abordagem ampla que se inicia nas etapas de concepção e planejamento e se estende até o acompanhamento do usuário final, independente da forma como é gerido (seqüencial ou simultâneo), associa-se ao ciclo fechado de produção, com a contínua realimentação do processo (Figura 4.18).

Na medida em que o ciclo parte de uma definição (metas e objetivos de segurança contra incêndio), esse pensamento conduz a toda uma lógica de construção da solução (projeto e execução), passando por sua utilização real e finalizando com a verificação do cumprimento das expectativas iniciais da demanda.

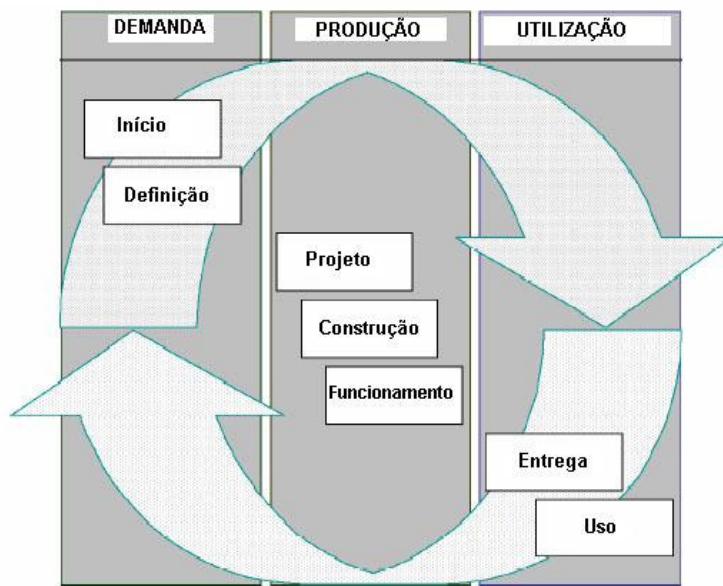


Figura 4.18 Conceito geral do PBD associado ao ciclo fechado de produção

Fonte: Prior e Szigeti, 2003

APLICAÇÕES DO PBD

A apresentação dos três exemplos que se seguem ilustra a aplicação do projeto baseado em desempenho. Os exemplos de um edifício de uso misto, de um museu histórico e a utilização de dois modelos de escape representam diferentes situações que discutem a aplicação do PBD, além de bem exemplificar o processo analítico correspondente.

5.1 Edifício de uso comercial e escritórios

(AVERILL, 1998)

Esse exemplo consiste em um estudo de caso desenvolvido por Averill (1998) como parte de sua dissertação de mestrado do Instituto Politécnico de Worcester, EUA, cujo objetivo foi aplicar os conceitos do PBD e a norma de desempenho – *ICC Performance-Based Code* em um projeto de um edifício de uso misto (comercial e de escritórios). Trata-se de uma análise basicamente qualitativa, principalmente com relação aos critérios de desempenho, uma vez que nas alternativas ali discutidas predomina o aspecto acadêmico sobre o técnico. Alguns pontos não se encontram plenamente explicitados o que, de certa forma, inviabiliza um entendimento mais profundo sobre a própria análise.

A análise de desempenho foi comparada com as recomendações de segurança contra incêndio especificadas pelas exigências prescritivas e apresenta como principais metas de segurança:

- salvaguardar os ocupantes submetidos à ação do incêndio até que eles alcancem um lugar seguro dentro ou externamente ao edifício ou ainda a combinação de ambos;
- limitar a propagação da chama e dos danos causados pelo calor no pavimento de origem do incêndio e limitar os prejuízos não térmicos para os pavimentos incendiados e os superiores a ele;

- fornecer estabilidade estrutural suficiente para atender a esses dois objetivos.

Descrição do edifício

A Figura 5.1 apresenta a planta do pavimento típico e o corte esquemático do edifício em questão.

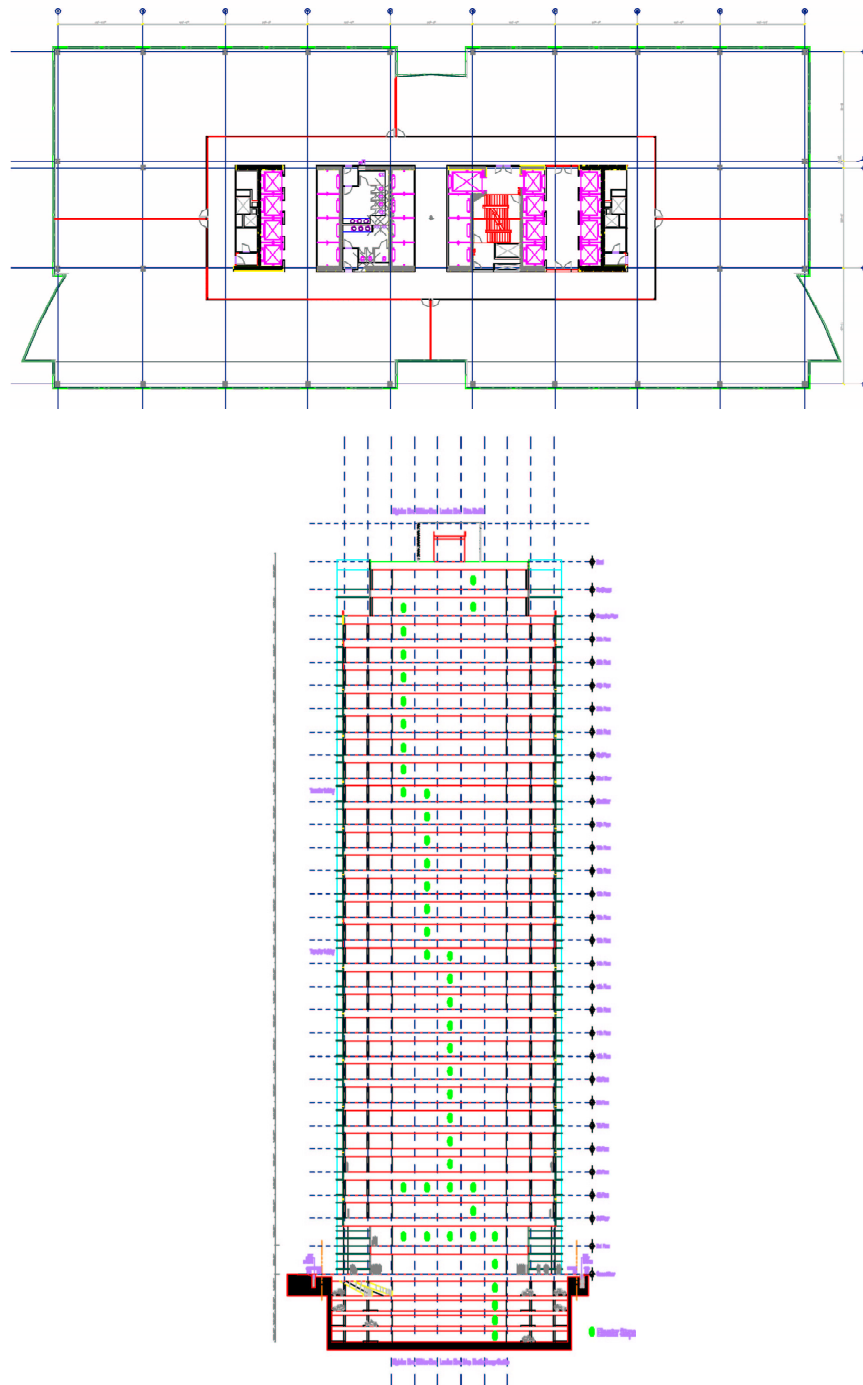


Figura 5.1 Pavimento tipo e corte esquemático do edifício

Fonte: Averill, 1998

O edifício apresenta as seguintes características:

- forma retangular;
- 30 pavimentos, sendo dois pavimentos comerciais, um executivo (reuniões), um cobertura e 26 pavimentos de escritórios;
- 4 níveis subterrâneos de estacionamento;
- 3.000m² por pavimento de área livre e 3.500m² de área total do pavimento.

Propostas para o PBD

No estudo em questão, o autor propõe três alternativas principais de projeto para executar a análise baseada em desempenho:

a) Uso de elevadores para a desocupação dos ocupantes em caso de incêndio ou outra emergência

O *hall* dos elevadores não deveria permitir a entrada dos efeitos do incêndio, principalmente com relação ao fogo, radiação e fumaça, e assim foi projetado como área de refúgio. Por outro lado, como os sistemas de *sprinkler* não são 100% confiáveis, as áreas de refúgio deveriam ser projetadas adequadamente. Considerando que essa área também serve de acesso à escada, foi dimensionada para acomodar 50% da população do pavimento, uma vez que as escadas continuariam a ser o meio principal de escape, ainda que os ocupantes não utilizassem os elevadores. A Figura 5.2 ilustra a parte central do edifício, destacando a área de refúgio dos elevadores e os elevadores de emergência combinados às escadas.

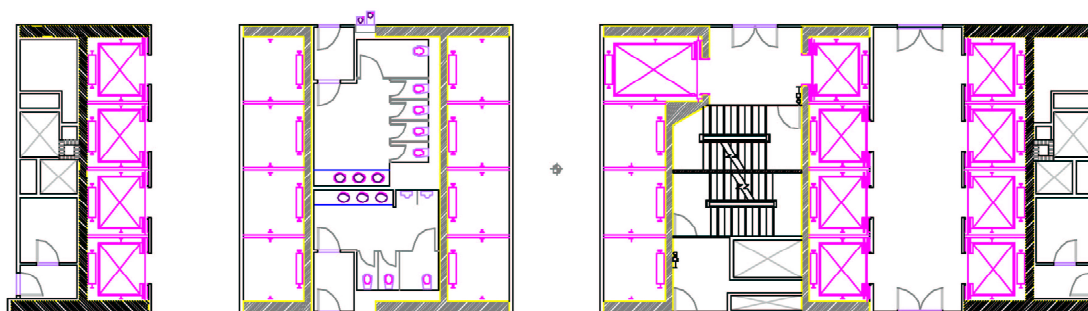


Figura 5.2 Parte central do edifício projetada como alternativa para a análise PBD

Fonte: Averill, 1998

Quanto à proteção passiva, esta deveria ser um dos componentes a ser incorporado no edifício. Por não requerer a ativação manual ou automática, elimina-se a falha de ativação. Dessa forma, o *hall* dos elevadores foi dotado de características severas de proteção passiva para prevenir a propagação do fogo, calor e fumaça. Utilizou-se a compartimentação das paredes com resistência ao fogo combinadas com a instalação do sistema de *sprinklers*.

Para evitar o transbordamento no *hall* do elevador, foi previsto o reaproveitamento da água do *sprinkler*, a ser coletada por meio de um caimento em cada pavimento e conduzida a uma tubulação localizada na escada.

Com relação ao sistema de proteção ativa, foram considerados três componentes na análise: sistema de pressurização, *dampers*³⁹ de fumaça e sistema de alarme e extinção. A utilização da pressurização protege o *hall* do elevador durante o escape; os *dampers* de fumaça previnem que o sistema de ar condicionado introduza fumaça dentro do compartimento, bloqueando o vão de entrada de ar, geralmente ativado por um sistema de alarme; os sistemas de detecção e alarme protegem a área de refúgio, caso o sistema de pressurização falhe. Se o sistema de alarme detectar um incêndio ou uma condição de risco na área de refúgio, o elevador não abrirá naquele pavimento. Nesse caso, os ocupantes devem utilizar as escadas ou ir para outro pavimento para acessarem os elevadores.

O plano de desocupação dos ocupantes também foi considerado no projeto. Como em edifícios altos as poucas escadas são utilizadas por todos os ocupantes (diferentemente de uma edificação baixa, onde o número de pessoas *per capita* por escada é menor), a fuga em si se tornaria inadequada, caso o escape de todo o edifício ocorresse pela ativação do alarme. Para evitar que as pessoas (até mesmo as mais experientes) se exponham às condições de perigo por um longo tempo, a tática do plano de desocupação envolve a retirada das pessoas que se encontram em perigo iminente. Assim, em edifícios altos, a regra geral é retirar todos os ocupantes do pavimento do incêndio, o superior e o inferior a ele. Dessa forma, os ocupantes mais próximos ao

³⁹ *Damper* consiste em um dispositivo utilizado para controle de vazão de ar (impede ou permite a passagem de uma determinada quantidade de ar).

pavimento incendiado teriam acesso às escadas e elevadores, reduzindo o número de pessoas a utilizar um único meio de escape.

O projeto também previu a garantia do funcionamento do sistema mecânico dos elevadores de emergência. Geralmente, leva-se em conta que os elevadores são projetados contra falhas sistêmicas, a partir da quantificação de um nível de falha aceitável por consenso industrial, social e do Poder Público. Outras questões são a garantia da energia autônoma de emergência para o funcionamento do sistema na situação de incêndios e o monitoramento computacional sobre o controle de desocupação.

Todo esse conjunto de medidas relativas ao uso dos elevadores previne a exposição dos ocupantes a situações intoleráveis à condição humana diante dos efeitos do incêndio, reduzindo a probabilidade de ocorrer. Assim, o crescimento e a propagação do incêndio no *hall* de elevadores ou na área de refúgio são rapidamente atenuados em função da

- presença do sistema de chuveiros automáticos que extingue ou controla o início de incêndio;
- baixa carga de incêndio no hall, não havendo possibilidade de crescimento ou propagação do incêndio;
- alta compartimentação entre o hall e o restante do pavimento, havendo baixa probabilidade de o fogo se estender para as demais áreas do pavimento.

O projeto justificou a desocupação por meio de elevadores combinados com escadas devido aos seguintes fatores: a possibilidade de não utilização dos elevadores por falha mecânica; as escadas são escapes passivos e, portanto, não susceptíveis a falhas, exceto quando a pressurização for vital para manter os limites de tolerância; a tradição impõe medo às pessoas do uso de elevador em uma situação de emergência e as escadas são utilizadas pelos bombeiros para o combate do incêndio. Tudo isso proporciona um tempo de escape mais eficiente.

Para o cálculo do tempo de desocupação, foram considerados alguns fatores importantes que influenciam na precisão dos resultados:

- cálculo do fluxo, densidade e velocidade dos ocupantes ($\text{fluxo} = \text{velocidade} \times \text{densidade} \times \text{largura das saídas}$);

- tempo de atraso do escape associado com o início da desocupação (dados obtidos a partir de estudos sobre comportamento humano em diversas situações associadas aos tipos de ocupação. Exemplo: pessoas que trabalham em escritórios apresentam um tempo de resposta menor que moradores);
- fator de ineficiência – a procura por rotas conhecidas ou as mais eficientes, geralmente chamadas de *way-finding*, ou seja, os caminhos por onde os ocupantes adentram o edifício ou as rotas conhecidas podem desequilibrar o escape, resultando em saídas congestionadas, inutilizadas ou com pouca utilização. O componente do atraso combinado com a influência do movimento alheio também contribui para a ineficiência do escape.

O modelamento computacional do movimento humano no estudo de casos utilizou o programa *EVACNET+* e, para ajustar fatores extras não contabilizados pelo modelo foi utilizada a seguinte equação:

$$T_{ae} = T_{me} \times e + T_d, \text{ sendo:}$$

T_{ae} – tempo total de desocupação

T_{me} – tempo de desocupação modelado

e – fator de ineficiência aparente

T_d – atraso no início da desocupação.

b) Utilização de tecnologias de alarme e extinção – sistema de automatização

Essa segunda alternativa de projeto aplicada ao estudo de caso corresponde ao sistema de automação associado à tecnologia de alarme e extinção. Esse sistema consiste em sensores e câmeras distribuídos por todo o edifício, gerenciados por um computador central e associados à tecnologia de alarme, permitindo um monitoramento em tempo real do incêndio por meio de uma resposta digital dos sensores. Estes incluem a medição de temperatura, de densidade ótica e de concentração de gases.

A possibilidade de utilização dessas tecnologias permite ao projeto desenvolvido no contexto de desempenho servir-se da flexibilidade disponível. Dados do sensor e do monitoramento por vídeo permitem a movimentação da equipe de combate e salvamento no local, bem como aos membros da equipe responsável obter uma indicação precisa do nível de resposta automática para a emergência. A modelagem do

incêndio por computador pode processar novas informações e provavelmente avaliar o progresso dos cenários de incêndio tão rápido quanto em tempo real para auxiliar as operações de combate.

Esses dados podem ser inestimáveis para que os bombeiros direcionem seus esforços de resgate para os locais em que eles efetivamente saibam que há pessoas. Dessa forma, aumenta-se a confiabilidade nos sistemas de proteção contra incêndio, fornecendo informações mais precisas, além de aumentar o nível de segurança dos usuários do edifício.

c) Sistema de *sprinkler* combinado com a instalação da rede de água doméstica

O autor defende a utilização simultânea da instalação de água do edifício com a do sistema de *sprinklers*. O argumento é o de aumentar a confiabilidade do sistema e a segurança dos ocupantes, o que pode resultar em um projeto mais econômico, do ponto de vista de materiais, instalação e manutenção. As normas de construção americanas exigem que as instalações sejam feitas independentemente.

A indisponibilidade de informações no texto de Averill (1998) sobre o funcionamento do sistema e os detalhes técnicos envolvidos impedem uma análise mais aprofundada sobre a possibilidade e a viabilidade da solução.

Cenários de incêndio

A escolha dos cenários de incêndio para o estudo de casos levou em conta a variedade do *layout* dos pavimentos. Em função desse critério, foram definidos dois *layouts* considerados principais para a análise: o pavimento de planta livre, ocupado por uma única atividade, e o pavimento dividido em quatro ambientes, utilizado pelas respectivas atividades comerciais, funcionando independentemente.

Especificamente para o pavimento dividido, foi preciso determinar dois tempos de desocupação: o tempo de escape do ambiente e o tempo de escape do pavimento, a fim de verificar se os limites de tolerância humanos são mantidos em todos os pontos de desocupação até que os ocupantes alcancem as saídas ou se protejam na área de refúgio.

Outros dois cenários foram avaliados: o cenário do *hall* de entrada, para verificar se a segurança dos ocupantes será preservada durante o escape, e o cenário da área

comercial, que, em função da alta carga de incêndio, fornece um alto risco a todos os ocupantes.

Critérios de desempenho

Foram definidos três critérios de caráter predominantemente qualitativo:

a) desempenho quanto à segurança humana: os locais (cenários) possíveis do início do incêndio – no objeto, no ambiente, no pavimento e no edifício – estão diretamente relacionados com o nível de perigo – freqüente, ocasional, raro e muito raro, como ilustrado no Quadro 5.1.

Níveis de perigo	Origem no objeto	Origem no Ambiente	Origem no Pavimento	Origem no edifício
Freqüente	Normalmente todos os edifícios, exceto unifamiliares			
Ocasional	Reunião, educacional, institucional, comercial e outros edifícios residenciais	Normalmente todos os edifícios, exceto unifamiliares		
Raro	Indústria e locais de materiais perigosos	Reunião, educacional, institucional, comercial e outros edifícios residenciais	Normalmente todos os edifícios, exceto unifamiliares	
Muito raro		Indústria e locais de materiais perigosos	Reunião, educacional, institucional, comercial e outros edifícios residenciais	Todos os grupos

Quadro 5.1 Níveis de desempenho de segurança humana

Fonte: Averill, 1998

b) desempenho quanto ao nível operacional: os quatro resultados que o edifício pode apresentar em termos de níveis de funcionamento após o incêndio – operação plena, desempenho funcional, função limitada e sem desempenho funcional – relacionam-se com o tipo de ocupação e com os níveis de perigo, como mostrado no Quadro 5.2.

Níveis de perigo	Operação plena	Desempenho funcional	Função limitada	Sem desempenho funcional
Freqüente	Todos os grupos, exceto E, H e I			
Ocasional	Educacional e institucional	Todos os grupos, exceto E, H e I		
Raro	Locais de materiais perigosos	Educacional e institucional	Todos os grupos, exceto E, H e I	
Muito raro		Locais de materiais perigosos	Educacional e institucional	Todos os grupos, exceto E, H e I

Quadro 5.2 Níveis de desempenho operacional

Fonte: Averill, 1998

c) desempenho estrutural: são definidos quatro níveis para a integridade estrutural pós-incêndio – danos leves, danos moderados, danos graves e danos irreversíveis sem colapso – relacionando-os com o tipo de ocupação e com os níveis de perigo, como ilustrado no (Quadro 5.3).

Níveis de perigo	Danos leves (ocupação imediata)	Danos moderados (ocupação posterior)	Danos graves	Danos irreversíveis sem colapso
Frequente	Todos os grupos, exceto E, H e I			
Ocasional	Educacional e institucional	Todos os grupos, exceto E, H e I		
Raro	Locais de materiais perigosos	Educacional e institucional	Todos os grupos, exceto E, H e I	
Muito raro		Locais de materiais perigosos	Educacional e institucional	Todos os grupos, exceto E, H e I

Quadro 5.3 Níveis de desempenho estrutural

Fonte: Averill, 1998

Modelagem do cenário de incêndio

Foi utilizado o programa *CFAST 3.1*⁴⁰ que executa a modelagem do incêndio por camadas e avalia a propagação da fumaça medindo temperatura, concentração de gás e altura da camada de fumaça em edifícios de múltiplos andares. A hipótese fundamental do modelo é que o incêndio seja extinto, isto é, a proporção do incêndio estará limitada pelos parâmetros de projeto do sistema de extinção.

Resultados do modelamento do incêndio:

- Incêndio no pavimento dividido: esse cenário de incêndio apresenta uma condição de incêndio raro e relativamente severo. A divisão em quatro unidades por pavimento representa um nível razoável de compartimentação, dificultando a propagação do incêndio para as demais. Por outro lado, sendo o volume do ambiente uma das condições determinantes para a tolerabilidade humana, um compartimento de grande volume leva mais tempo para se tornar intolerável e, nessa condição, o pavimento dividido representa um cenário de incêndio mais crítico (do ponto de vista humano) em relação ao pavimento de uma única unidade comercial.

⁴⁰ Programa desenvolvido pelo *National Institute of Standards and Technology* (NIST), EUA.

Nesse caso, os resultados da modelagem se mostraram adequados em termos de segurança da vida humana e as exigências das matrizes de desempenho também foram atendidas.

Quanto ao incêndio, embora com razoável probabilidade de início, não se propagará pelo material combustível presente no ambiente, pois a taxa de liberação de calor é rapidamente atenuada pela ativação do sistema de chuveiro automático. Assim, a temperatura da camada de fumaça permaneceu relativamente baixa e sua altura alcançou um metro após todos os ocupantes terem saído. Na circulação, a temperatura da camada superior foi de 100°C e sua altura permaneceu a dois metros do teto durante o escape.

- Incêndio no pavimento de planta livre: o cenário para esse incêndio se apresentou extremamente seguro; a temperatura da camada de fumaça não excedeu 100°C antes que a desocupação estivesse terminada e sua altura não excedeu a dois metros.

- Área comercial: a modelagem dessa área foi feita considerando um incêndio severo em função das condições das cargas de incêndio reais. De acordo com o sistema projetado e a base de cálculo presente na bibliografia utilizada no projeto, o incêndio seria extinto rapidamente.

- Átrio: as soluções desenvolvidas segundo a norma prescritiva não atendiam às metas de condições de tolerabilidade para o local. Assim, o sistema de *sprinkler* foi alterado do tipo comercial para um modelo de resposta rápida combinado com um sistema de gerenciamento de fumaça.

A modelagem da desocupação reuniu os dois cenários principais: o pavimento único e o pavimento dividido, ambos associados com o uso exclusivo da escada e o uso combinado de escada e elevador. A Tabela 5.1 mostra os resultados dos tempos do modelamento computacional (*Evacnet+*) do movimento humano (tempo de projeto), tempo total necessário para o escape e o tempo de ativação do detector de fumaça.

Tabela 5.1 Resultado dos tempos apresentados pelo modelamento computacional

Tempo do modelamento – tempo de projeto(s)	
Pavimento único, apenas escadas	495
Pavimento único, escadas e elevadores	130
Pavimento dividido (4), apenas escadas	370
Pavimento dividido (4), escadas e elevadores	110
Tempo total necessário para escape(s)	
Pavimento único, apenas escadas	828
Pavimento único, escadas e elevadores	280
Pavimento dividido (4), apenas escadas	588
Pavimento dividido (4), escadas e elevadores	228
Tempo de ativação do detector de fumaça(s)	
Pavimento único	85
Pavimento dividido	33

Fonte: Averill, 1998

Conclusão

O estudo de casos apresentado demonstrou a viabilidade de aplicação do PBD em um edifício de uso misto de trinta pavimentos. Os principais pontos que mais se destacam pela avaliação de custo/benefício podem ser citados como:

- em um primeiro estudo, as escadas foram posicionadas externamente ao núcleo central. Com a relocação para a área central, junto aos elevadores, permitiu-se uma utilização mais favorável para o escape dos ocupantes, resultando em uma área 2% maior a ser comercializada em cada pavimento (estima-se que o retorno seja de US\$ 729,000.00 por ano). Impactos adicionais também são contabilizados, por exemplo, um prêmio de seguro menor a ser pago com o aumento da segurança;
- a utilização dos elevadores para o escape apresentou um benefício enorme pela redução significativa do tempo efetivo de desocupação, proporcionando um componente de segurança altamente favorável;
- a combinação da instalação de água doméstica com a do *sprinkler* também reverteu em economia para o edifício com relação a material, mão-de-obra, projeto e manutenção;
- os custos adicionais e a economia gerados a longo prazo pela tecnologia de extinção e alarme devem ser analisados em função dos benefícios posteriores com o aumento

da confiabilidade do sistema, maior segurança dos ocupantes e manutenção reduzida. Esses sistemas mais avançados exigem uma análise econômica mais refinada para justificar sua utilização no sistema global de segurança contra incêndio.

Embora o estudo de casos não tenha abordado a quantificação global dos custos do sistema, a análise técnica demonstrou a viabilidade do PBD, resultando no nível de segurança esperado pelo proprietário e nunca inferior ao estipulado pelas normas.

5.2 The Arts and Industries Building (AIB)

Washington, EUA (BOWMAN, 2000)

A questão da segurança contra incêndio em edificações históricas é considerada delicada por natureza. O desafio consiste em atender às metas aparentemente incompatíveis, como a de preservar a arquitetura histórica com a provisão das normas de segurança, ou seja, encontrar uma solução que atenda ao nível de segurança com o menor impacto possível sobre a edificação.

O Museu histórico *The Arts and Industries Building* (Figuras 5.3 e 5.4) foi construído em 1881 e sofreu intervenção recente para a recuperação e restauração das suas características históricas originais. Uma empresa americana foi a responsável pelas novas instalações mecânicas, elétricas, de telecomunicações e de sistemas de proteção contra incêndio.



Figura 5.3 Vista geral da fachada frontal do Museu AIB

Fonte: Disponível em: <<http://www.150.si.edu/sibuild/arts.htm>>. Acesso em: 14 mar. 2005



Figura 5.4 Detalhe da fachada frontal do Museu AIB

Fonte: Disponível em:

<http://zadorlab.cshl.edu/tai/Gallery/2002_DC_reunion/WashingtonDC_s/>. Acesso em: 14 mar. 2005

A configuração original do interior do Museu pode ser comparada com a configuração típica de um *shopping center* (Figura 5.5). A parte central dos dois pavimentos é aberta, funcionando como um átrio que dá acesso aos vários ambientes, como lojas, creches, escritórios, áreas de exibição e a um teatro localizado no perímetro externo. O primeiro pavimento possui cerca de 8.000m² e o segundo pavimento, 3.300m². O museu atende a um público estimado em 4.550 pessoas (Figura 5.6).

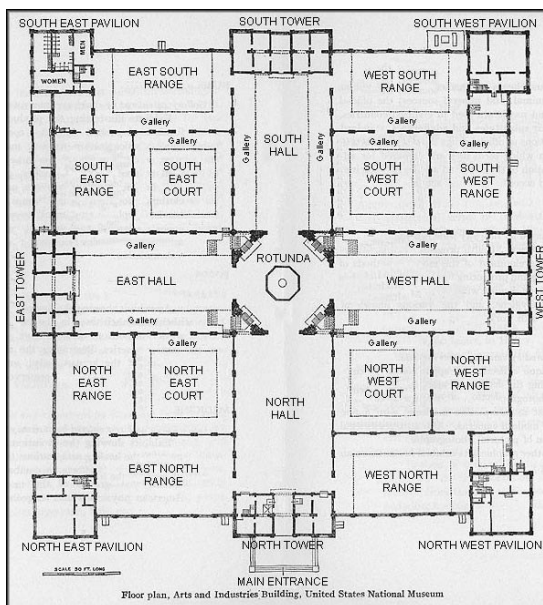


Figura 5.5 Pavimento térreo do Museu AIB

Fonte: Disponível em: <<http://www.si.edu/archives/ihd/arts/floor.htm>>. Acesso em: 14 mar. 2005



Figura 5.6 Vista superior do Museu AIB

Fonte: Disponível em: <<http://www.150.si.edu/sibuild/arts.htm>>. Acesso em: 14 mar. 2005

O órgão governamental coordenador do Museu e responsável pela condução do projeto de restauração (*Smithsonian Institution*) sugeriu que os sistemas de proteção contra incêndio a serem desenvolvidos adotassem duas normas prescritivas – *BOCA National Building Code* e *NFPA 101 Life Safety Code*.

Dessa forma, o sistema de proteção contra incêndio projetado incluiu: sistema completo de detecção automática de fumaça e *sprinklers* em todo o edifício (cuja instalação deveria ser projetada segundo a NFPA 13) e restrição severa da quantidade de material combustível usado na composição dos ambientes (o Museu foi classificado como Grupo II de Perigo Ordinário, segundo a NFPA 13). Além dessas medidas, o AIB possuía pessoal de segurança treinado para auxiliar as atividades das equipes de emergência; entretanto, esse aspecto não interferiu na análise executada.

As demais exigências prescritivas relativas à edificação (como saídas e distâncias a percorrer) não se aplicavam às características arquitetônicas originais de uma edificação do século XIX. Os principais problemas eram relativos à:

- saída: as saídas principais se encontravam apenas no primeiro andar (não havia escape do segundo pavimento direto para o exterior);
- distância: em função da localização das saídas, a maior distância a ser percorrida era de aproximadamente 110m (do 2º pavimento ao exterior);
- quantidade: o número de saídas era insuficiente.

O objetivo contraditório de tentar equilibrar os problemas de preservação histórica com as normas prescritivas conduziu à solução orientada ao desempenho cujos objetivos consistiam em preservar a integridade histórica do edifício de referência nacional e fornecer um nível aceitável de segurança. A análise do PBD utilizou como ponto de partida as exigências prescritivas descritas.

Abordagem de desempenho utilizada

A abordagem utilizada na análise PBD se baseou nas diretrizes propostas do *SFPE Engineering Guide to Performance-Based Fire Protection Analysis and Design of Buildings* e na norma *Life Safety Code*.

As metas de proteção contra incêndio levantadas na análise do PBD objetivavam minimizar danos relativos ao incêndio e evitar perdas excessivas de vidas humanas. Em função dessas metas, foram definidos os objetivos de projeto que consistiam em fornecer tempo adequado para que as pessoas que não fossem familiarizadas com os procedimentos de emergência alcançassem um lugar seguro sem que fossem apanhadas pelo incêndio e seus efluentes.

Para a definição desses objetivos também foi levada em conta a capacidade de modelagem do incêndio e do escape a ser utilizado.

A modelagem do incêndio, feita pelo *FIRE DYNAMICS SIMULATOR*⁴¹ (FDS, versão 1.0) (Figura 5.7), avalia o comportamento do ambiente interno durante o incêndio, considerando vários cenários diferentes. Tem a capacidade de monitorar e registrar os valores de parâmetros associados aos efeitos do incêndio em um local específico de qualquer parte do edifício, além de fornecer uma visão tridimensional da interação entre o incêndio e o edifício.

Já a modelagem do escape auxilia na determinação do tempo necessário para a desocupação dos ocupantes. Utilizou-se o programa *EVACNET4*, que exige a especificação do número de pessoas, localização, velocidade de escape e largura disponível das saídas. Os parâmetros para essa análise foram escolhidos para refletir as condições não ideais, como capacidade de ocupação acima do esperado, velocidade de saída reduzida, aumento da distância a ser percorrida, número de saídas disponíveis

⁴¹ Programa desenvolvido pelo *National Institute of Standards and Technology* (NIST), EUA.

reduzidas (considerou-se que a maior saída estaria bloqueada), atraso no início do escape e desconsideração das escadas particulares (não fazem parte das rotas de saídas). Aplicou-se um fator de segurança de 50% para refletir a incerteza do modelo e adicionou-se um tempo de três minutos considerando o atraso entre o tempo de detecção e o início do movimento para saída.

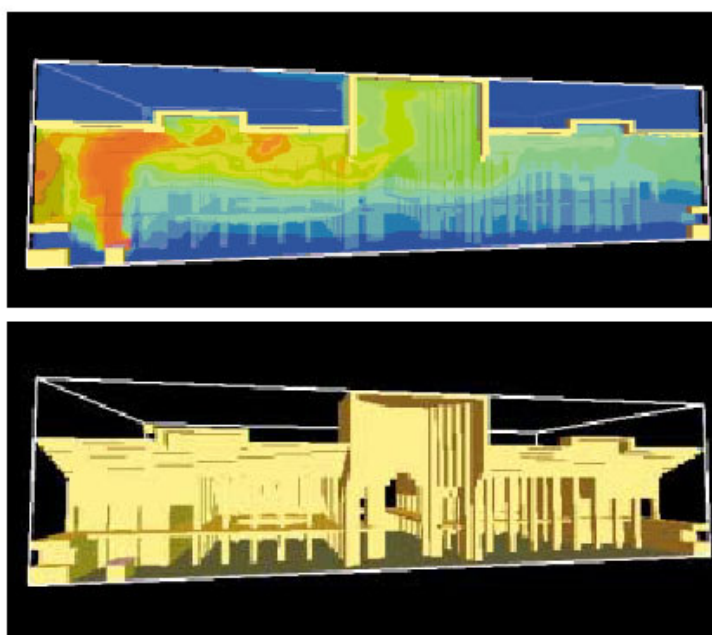


Figura 5.7 Simulação da modelagem do incêndio do AIB, via FDS

Fonte: Bowman, 2000

O resultado dessas duas modelagens foi comparado com os valores de três critérios de desempenho (valores-limite ou valores máximos predeterminados) de temperatura, concentração de monóxido de carbono e visibilidade, a fim de avaliar se esses valores seriam ou não atendidos e se as rotas de saída se tornariam insustentáveis na fuga em função das soluções propostas para o Museu.

Com relação à seleção dos cenários de incêndios de projeto, foram considerados oito cenários indicados pela NFPA 101 e um cenário em uma das áreas de exibição. Os cenários se basearam na carga de incêndio, no número de ocupantes, na eficiência dos *sprinklers* e dos detectores de fumaça e na separação entre as salas de exibição e os ambientes contíguos. Para a seleção das características do incêndio, levou-se em consideração não apenas a carga de incêndio, mas as medidas de segurança adotadas para o Museu que contribuem para reduzir a proporção e a propagação do incêndio.

Resultados

A Tabela 5.2 mostra os resultados representativos da análise do cenário de incêndio dos critérios de desempenho – temperatura, concentração de monóxido de carbono e visibilidade – com os respectivos valores-limite e valores calculados.

Tabela 5.2 Resultados dos critérios de desempenho-limite e calculado

Resultados representativos da temperatura (°C) para o incêndio de projeto*						
Local do escape	Circulação 2º pavimento	Sala exibição 1º pavimento	Área central (rotunda)	Saída 1	Saída 2	Saída 3
Tempo que o último ocupante gasta para sair do local (minutos)	14,8	20,8	13,5	21,5	21,8	20,9
Temperatura máxima	65	65	65	65	65	65
Temperatura calculada	32,0	36,7	30,5	31,0	35,9	35,5
Resultados representativos do monóxido de carbono (ppm) para o incêndio de projeto						
Tempo que o último ocupante gasta para sair do local (minutos)	14,8	20,8	13,5	21,5	21,8	20,9
Concentração máxima de monóxido de carbono	950	950	950	950	950	950
Concentração calculada de monóxido de carbono	127	106	100	100	106	103
Resultados representativos de visibilidade (metros) para o incêndio de projeto						
Tempo que o último ocupante gasta para sair do local (minutos)	14,8	20,8	13,5	21,5	21,8	20,9
Visibilidade máxima	10	10	10	10	10	10
Visibilidade calculada	70	95	120	94	92	90

* O incêndio de projeto considerou que uma das quatro saídas estava bloqueada e que a taxa máxima de liberação de calor era de aproximadamente 7,5MW.

Fonte: Bowman, 2000

Como exemplo, a última pessoa poderia deixar o átrio central (rotunda) e alcançar o exterior em 13,5 minutos após o início do incêndio, com uma diferença entre o valor definido no critério de desempenho e o valor calculado de 47% para a temperatura e de 11% para a concentração de monóxido de carbono. A visibilidade alcançaria, aproximadamente, 120m nesse momento.

Com base nos resultados dessa análise de desempenho, foram recomendadas algumas medidas de segurança contra incêndio para aprimorar ou criar condições adicionais de segurança: resposta rápida dos *sprinklers*; inclusão de proteção passiva separando áreas

de exibição das rotas de escape; indicação de seis novas escadas (além das quatro existentes) posicionadas nas extremidades do edifício para reduzir a distância a ser percorrida, ligando o segundo pavimento diretamente à área externa; e recomendações e diretrizes para limitar a quantidade de carga combustível nas salas de exibição.

Conclusão

A necessidade de prover segurança às vidas humanas enquanto se preserva o patrimônio histórico constitui um desafio para a segurança contra incêndio, considerando a impossibilidade de adequação de algumas normas prescritivas.

Nesse contexto, a presença dos códigos baseados em desempenho, as ferramentas de análise e a possibilidade de modelagem do incêndio fornecem os meios para identificar soluções aceitáveis e se constituem em uma opção viável para implementar medidas de segurança contra incêndio particularizadas em cada situação, garantindo nível de segurança adequado com economia.

A aplicação do PBD no AIB pôde identificar, portanto, onde as modificações eram necessárias preservando a segurança da vida humana e ajudando a garantir que os impactos no patrimônio fossem reduzidos. Os resultados das análises também demonstraram os benefícios alcançados com a aplicação do PBD em edificações históricas.

5.3 Análise PBD em hotel usando dois modelos de escape: uma comparação entre resultados

(KULIGOWSKI; MILKE, 2004)

Modelos computacionais de escape são parte integrante da análise baseada em desempenho e utilizados para avaliar o nível de segurança humana fornecido pela edificação, ou seja, avalia-se se o tempo de escape disponível está adequado às condições de fuga da edificação (condições de saída).

Existe um grande número de modelos de desocupação disponíveis, entretanto, cada um deles apresenta características e capacidades de simulação específicas que devem ser observadas, servindo de critério para a escolha, em função do projeto a ser analisado.

Dessa forma, cada situação precisa ser estudada para que se eleja a ferramenta mais apropriada.

O objeto do estudo em foco é o escape dos ocupantes, não havendo a interação entre os demais parâmetros que compõem a análise PBD nem a influência dos sistemas de proteção de segurança previstos para o edifício.

Os modelos de escape utilizados atualmente são divididos em três categorias, em função do nível de sofisticação na simulação do comportamento dos ocupantes:

- modelos de movimento: não possuem a capacidade de analisar o comportamento, apenas o movimento das pessoas;
- modelos de comportamento parcial: trazem implicitamente a simulação do comportamento;
- modelos de comportamento: simulam-se decisões e comportamento.

Para esse estudo, foram utilizados os modelos de comportamento parcial *EXIT89*⁴² e *Simulex*.⁴³ O estudo apresenta: a) simulação do escape dos ocupantes no mesmo cenário de projeto (hotel); b) diferenças apresentadas pelos resultados dos dois modelos; c) variação das características físicas dos ocupantes em cada modelo.

O edifício analisado consiste em um hotel localizado nos EUA, possuindo:

- 28 pavimentos, sendo 21 pavimentos tipo;
- 473 apartamentos;
- 1.168m² a 1.204m² de área construída por pavimento, com duas escadas de 1,13m de largura;
- 1.044 ocupantes no momento da desocupação (considerando os 21 pavimentos).

Para efeito da simulação, ao atingirem o pavimento térreo os ocupantes estarão considerados seguros (área de segurança). As plantas dos pavimentos térreo e tipo do hotel são apresentadas na Figura 5.8.

⁴² O EXIT89 foi desenvolvido pelo *National Fire Protection Association* (NFPA), EUA.

⁴³ O *Simulex* foi criado pela *Integrated Environmental Solutions* - IES (Reino Unido).

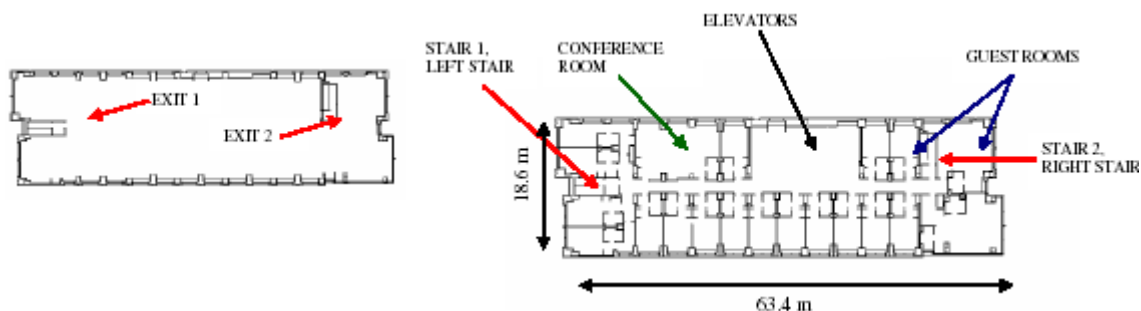


Figura 5.8 Pavimentos térreo e tipo do hotel

Fonte: Kuligowski; Milke, 2004

Cenário de projeto

O cenário de projeto foi selecionado considerando a frequência das causas e origens do incêndio por meio de informações oficiais relativas a vítimas, prejuízos e danos ao imóvel. Essas informações conduziram à composição do cenário do hotel com as seguintes características:

- quarto: local em que os incêndios ocorrem com maior frequência, com mortes e feridos;
- presença de materiais incendiários (velas, pontas de cigarro) como potenciais causas de ignição e de materiais inflamáveis como fontes alimentadoras do incêndio;
- 15º pavimento escolhido como pavimento de origem do incêndio;
- 3 horas da manhã: horário em que as pessoas estão dormindo e precisam de um tempo adicional para se preparar para o escape;
- inverno: estação que exige um tempo maior para a vestimenta;
- tempo de atraso estipulado: entre 0,5 minuto a 10 minutos, com 5 minutos de média.

A solução típica de desocupação foi denominada *simulação de hotel*. Para efeito de comparação, foram executadas outras duas variações da simulação de hotel, utilizando porcentagens de ocupantes debilitados de 3% e 100%.

Como os modelos simulam o comportamento dos ocupantes implicitamente, eles consideram: o tempo de pré-desocupação, a distribuição dos ocupantes, as características físicas (proporção do corpo, velocidade desimpedida e tempo de atraso), o comportamento repentino e os efeitos da fumaça nos ocupantes.

É interessante notar que não há dados específicos padronizados usados nos modelos de escape. Os dados dos movimentos dos ocupantes (densidade x velocidade) são baseados em pesquisas de comportamento humano.

EXIT89

É um programa capaz de simular um grande número de ocupantes em edifícios altos. A representação da composição do pavimento é feita por uma série de nós (cada compartimento do edifício) e arcos (distância entre os nós). Os ocupantes se movimentam do centro de um nó para o centro de outro nó. A Tabela 5.3 resume os principais dados utilizados pelo EXIT89. A simulação desses dados foi repetida para as duas variações cujos resultados dos tempos de escape nos cenários analisados são apresentados na Tabela 5.4.

Tabela 5.3 Principais dados de entrada para o EXIT89 na simulação de hotel

Item de entrada	Valores do usuário		
Configuração do edifício	posição por nós e arcos	área utilizável entre cada nó	distância entre nós (arco)
Rota de escape	rota mais próxima escolhida por todos os ocupantes		
Característica do ambiente	não há obstrução para a fumaça		
Comportamento – proporção do corpo	todos os ocupantes = 0,113m ²		
Comportamento – velocidade	velocidade de emergência = 1,36m/s na horizontal e 0,99m/s na escada		
Tempo de resposta distribuído aleatoriamente	tempo mínimo de atraso = 0,5min	tempo máximo de atraso = 10min	100% dos ocupantes em atraso
Ocupantes com debilidade	nenhum		
Sentido de escape da escada	descendente		

Fonte: Kuligowski; Milke, 2004

Tabela 5.4 Tempo de escape nos cenários analisados usando o EXIT89

Tempo de desocupação (Exit89)	Sem atraso	Com atraso – 0,5 a 10min
Simulação típica de hotel (100% capacitados)	445	809
Hotel – 3% debilitados	633	969
Hotel – 100% debilitados	990	1226

Fonte: Kuligowski; Milke, 2004

Para chegar a esses resultados, o EXIT89 utilizou os seguintes parâmetros:

- velocidade desimpedida para o escape no sentido horizontal e na escada (a velocidade de caminhada é função da massa corpórea da pessoa);

- dimensão média do corpo do ocupante (espaço ocupado pela pessoa projetado no solo, em m^2/m^2);
- velocidade de movimento que diminui com a densidade;
- número de pessoas utilizando a escada no momento da simulação;
- método usado para simular o movimento mais lento dos ocupantes.

SIMULEX

O *Simulex*, versão 4.0 (Figura 5.9), é um modelo de desocupação capaz de analisar o escape de um grande número de pessoas de um edifício de grandes proporções e geometricamente complexo. Diferente do EXIT89, o *Simulex* utiliza desenhos bidimensionais gerados em arquivos de CAD, para cada pavimento, para executar a simulação de movimento. Esse programa permite utilizar perfis diferenciados do tipo da população (homens, mulheres e crianças) e associar cada tipo com uma determinada proporção do corpo e com a respectiva velocidade de caminhada horizontal.

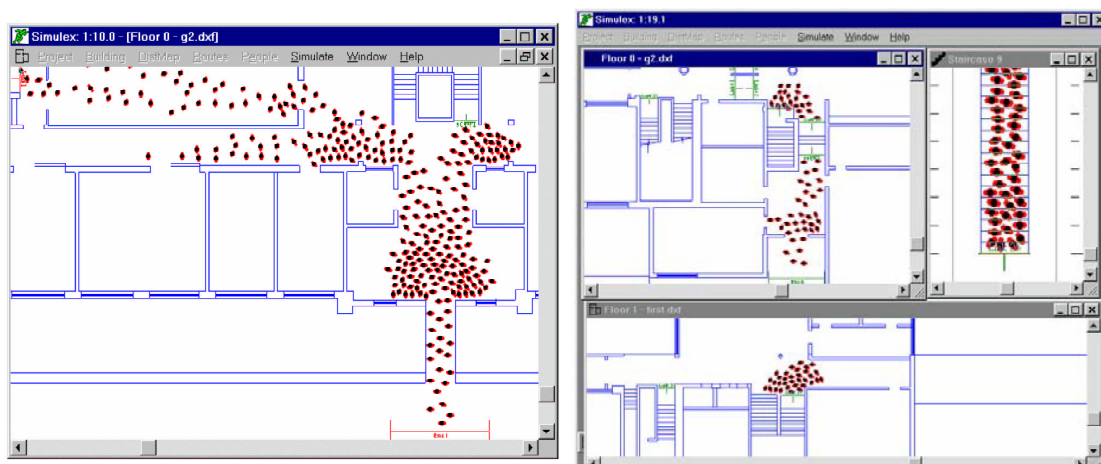


Figura 5.9 Interface gráfica do movimento dos ocupantes durante o escape de um dado edifício utilizando o *Simulex*

Fonte: Disponível em: <<http://www.iesve.com/content>>. Acesso em: 14 mar. 2005

Embora esse modelo permita uma simulação mais sofisticada, há certas limitações inerentes ao uso. Por exemplo, os ocupantes podem *travar* em um ponto e ser necessário reiniciar a simulação. Outra limitação envolve, no caso de edifícios complexos, a busca da distância mais curta, pois o programa possui um método implícito para guiar os ocupantes para a saída mais próxima.

A Tabela 5.5 apresenta os principais dados para o cenário de desocupação utilizados pelo *Simulex* na simulação de hotel. Os resultados dos tempos da simulação dos cenários são apresentados na Tabela 5.6.

Tabela 5.5 Principais dados de entrada para o *Simulex* na simulação de hotel

Item de entrada	Valores do usuário			
Configuração do edifício	importação de arquivos CAD	distância da escada = 7,20m	largura da escada = 1,13m	
Rota de escape	rota mais próxima			
Característica do ambiente	não há saídas bloqueadas			
Comportamento – proporção do corpo	49% homens - 0,131m²	35% mulheres - 0,101m²	11% idosos - 0,113m²	5% crianças - 0,072m²
Comportamento – velocidade desimpedida	homens = (1,35 ± 0,2m/s)	mulheres = (1,15 ± 0,2m/s)	idosos = (0,9 ± 0,3m/s)	crianças = (0,8 ± 0,3m/s)
Atraso de resposta	5min	5min	distribuição aleatória	

Fonte: Kuligowski; Milke, 2004

Tabela 5.6 Tempo de escape nos cenários analisados usando o *Simulex*

Tempo de desocupação (<i>Simulex</i>)	Sem atraso	Com atraso – 0,5 a 10 min
Simulação típica de hotel (100% capacitados)	735	1168
Hotel – 3% debilitados	1029	1378
Hotel – 100% debilitados	1319	1592

Fonte: Kuligowski; Milke, 2004

Os parâmetros utilizados para a simulação são os mesmos utilizados pelo EXIT89 com adição de mais um fator: a forma da escada também influencia no tempo de escape. Os valores de escape relativos a uma escada em *U* são ligeiramente maiores que os valores de escape de uma escada única, sem patamar ligando os dois pavimentos (Tabela 5.7). Embora essa diferença não seja significativa, a configuração da escada influencia o movimento dos ocupantes mais gordos e os que têm movimentos mais restritos.

Tabela 5.7 Resultado do escape usando o *Simulex* comparando escadas contínua e em ‘U’

Tempo de desocupação	Sem atraso		Com atraso – 0,5 a 10 min	
	Escada em ‘U’ (com patamar)	Escada contínua (sem patamar)	Escada em ‘U’ (com patamar)	Escada contínua (sem patamar)
Simulação (<i>Simulex</i>)				
Simulação típica de hotel (100% capacitados)	735	698	1168	1091
Hotel – 3% debilitados	1029	1079	1378	1264
Hotel – 100% debilitados	1319	1230	1592	1647

Fonte: Kuligowski; Milke, 2004

O movimento dos ocupantes no *Simulex* inclui a relação entre a velocidade do ocupante com a proximidade com outros ocupantes, paredes e obstáculos (velocidade de caminhada \times distância interpessoal). Outra característica do programa é a simulação do movimento mais lento das pessoas ao utilizar a escada, percebendo-a como um obstáculo, o qual pode levar a um atraso para as pessoas subsequentes. A Figura 5.10 ilustra a avaliação do movimento dos ocupantes obstruídos considerando a ultrapassagem em uma mesma direção e em direção oposta.

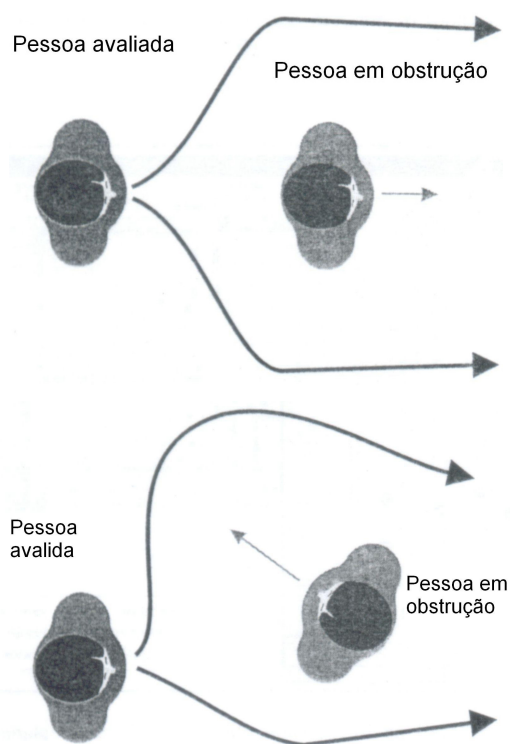


Figura 5.10 Avaliação do *Simulex* do movimento dos ocupantes obstruídos

Fonte: Adaptação de Thompson, 1997

Comparação entre os resultados

A comparação entre os resultados indica uma diferença entre o tempo de escape dos dois modelos (Figura 5.11). De maneira geral, o *Simulex* apresentou um tempo de desocupação 25% a 40% maior que os tempos do EXIT89 para os três cenários. Isso mostra que, embora o mesmo número de ocupantes use as mesmas saídas, o tempo de escape pode ter resultados diferenciados em função dos modelos utilizados, com valores mais refinados ou não.

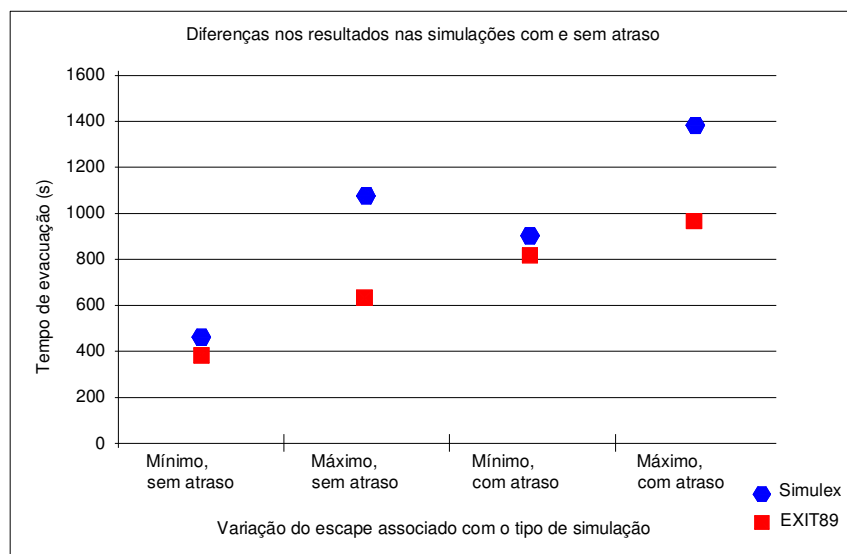


Figura 5.11 Comparação entre os resultados dos tempos usando os modelos EXIT89 e *Simulex*
 Fonte: Kuligowski; Milke, 2004

Essa diferença se deve aos algoritmos de movimento utilizados pelos modelos, que levam em consideração o tamanho corporal e a velocidade mais lenta, alterada pela distância interpessoal e obstrução do espaço.

Conclusão

A diferença encontrada entre os resultados dos dois modelos provém da capacidade de análise de cada um. Enquanto o *Simulex* é capaz de simular uma variação nas características entre os diferentes tipos de corpos e velocidades de escape na escada, o EXIT89 não possui tal precisão e não considera que a interferência mais lenta dos ocupantes altera o tempo de desocupação dos outros ocupantes, tanto na rota horizontal como nas escadas.

Para que um modelo seja utilizado em uma análise de PBD, é preciso que o usuário do programa conheça suas vantagens e suas limitações para avaliar se os algoritmos de movimento e se os métodos são condizentes com os objetivos do projeto.

O entendimento e a utilização de programas específicos para a simulação do movimento de escape em um projeto desenvolvido no ambiente PBD é de extrema importância. Os dados dos tempos de desocupação consistem em um dos principais parâmetros relacionados com o comportamento humano. Com esses dados disponíveis e associados

com os dados da análise do comportamento do incêndio, o profissional reúne as informações necessárias para avaliar se o projeto atende aos requisitos de segurança especificados, tanto em termos de funcionamento dos sistemas de proteção, quanto em termos de solução projetual.

Dessa forma, é possível projetar, por exemplo, saídas em quantidade e largura plenamente otimizadas e adequadas com o projeto proposto de acordo com o resultado da demanda da simulação.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

6.1 Conclusões

O desenvolvimento tecnológico propiciou grandes avanços nas diversas áreas relacionadas com a Arquitetura e a Engenharia, por exemplo, conforto, sustentabilidade, energia, materiais e métodos de construção, dentre outras. Entretanto, com relação à segurança contra incêndio, o edifício se encontra “tecnologicamente defasado”, sob os pontos de vista técnico, cultural e social.

Esta pesquisa permite concluir que o estudo da filosofia de projeto baseado em desempenho pode contribuir para que a área da segurança contra incêndio no Brasil alcance um patamar de evolução superior àquele em que hoje se encontra. Tomou-se como referência, neste trabalho, a vanguarda da aplicação dos conceitos e princípios do *performance-based design* em diversos países europeus e asiáticos, além dos Estados Unidos e Canadá, iniciada já na década de 70.

O PBD vem sendo estudado intensivamente e normas de desempenho são utilizadas em vários países com vistas à evolução do sistema prescritivo de segurança contra incêndio, sistema tradicionalmente utilizado em projetos. Essa mudança no paradigma prescritivo decorre principalmente do estágio de desenvolvimento da Engenharia de Incêndio, influenciado pela introdução das ferramentas computacionais. No entanto, na prática de projeto, o sistema prescritivo de segurança se aplica muito bem a determinadas soluções e, dessa forma, continuará sendo utilizado mundialmente. Entretanto, esta pesquisa levantou algumas desvantagens do sistema prescritivo, como:

- pouco enfoque na otimização das soluções;
- custos desnecessários no processo de construção;
- pouca ou nenhuma flexibilidade para inovações tecnológicas;
- soluções únicas para o fornecimento de segurança;

- indefinição de objetivos para o projeto.

Assim, a principal característica do modelo prescritivo é a aplicação direta das normas, cujo teor enfatiza a segurança estrutural do edifício, direcionando o projeto a uma única solução considerada correta, adequada, com a especificação de como o edifício deverá ser projetado, construído e mantido, quais as exigências e soluções de projeto e onde essas soluções deverão ser empregadas.

Um dos maiores desafios da segurança contra incêndio no século XXI, a redução de seus custos na sociedade com a manutenção de níveis mínimos de segurança contra incêndio nas edificações, continua imperativo para os profissionais da área, autoridades públicas, empreendedores e sociedade em geral.

Nesse contexto, o conceito do PBD permite a implementação de diversas soluções de segurança que sejam tecnicamente eficazes e viáveis economicamente. A partir do estabelecimento de objetivos claros para a segurança global, da análise, da avaliação e demonstração das medidas de segurança que apresentem melhor adequação ao problema, o modelo de desempenho se constitui em uma aplicação plausível para a área de segurança contra incêndio, oferecendo novas possibilidades para a otimização das soluções de projeto sem o comprometimento da segurança. A ênfase sobre o funcionamento global do edifício, levando-se em consideração todas as interações entre incêndio, edificação, sistemas de segurança, ocupantes e meio ambiente, permite que o PBD seja viável em situações mais complexas, em que se exige o desenvolvimento de estratégias de segurança inovadoras, prescindindo exclusivamente da exigência de resistência ao fogo de elementos construtivos ou estruturais. Esse parâmetro, aliás, consiste em uma das fundamentações do método prescritivo, o que pode influenciar enormemente os custos da construção.

Esta pesquisa apresentou, em linhas gerais, o processo de implementação do PBD em alguns países nas últimas décadas e seu paralelo com o sistema prescritivo, bem como as principais bases conceituais do *performance-based design*. Dentre as numerosas vantagens do sistema, tais como definição das medidas de segurança em função dos objetivos e nível de risco, inovações nas soluções, avaliação das medidas de prevenção sob a ótica da relação custo/benefício e possibilidade imediata de inclusão de novas

tecnologias, há muitas lacunas a serem trabalhadas, como: qualificação e formação profissional adequada, definição de dados em algumas áreas, definição de níveis quantitativos de segurança (critérios de desempenho), aperfeiçoamento de ferramentas computacionais, dentre outras.

As experiências internacionais estudadas na pesquisa demonstraram que o processo de implementação do PBD está ligado às características próprias e evolução histórica da segurança contra incêndio de cada país; à estrutura governamental; às diferenças culturais e econômicas; às experiências decorrentes dos eventos trágicos; aos investimentos em pesquisas; às inovações tecnológicas e em recursos humanos.

Com relação ao Brasil, o processo de implementação da normalização de segurança contra incêndio registra certo atraso em relação ao de outros países. Inserida em um contexto em que não era considerada uma das atividades importantes do País e nem recebia os investimentos necessários, a implantação das medidas de segurança contra incêndio somente surgiu a partir dos grandes incêndios ocorridos em São Paulo e no Rio de Janeiro, na década de 70, não sendo fruto, portanto, de um amadurecimento constante e aprofundamento específico. As normas básicas de segurança contra incêndio tiveram seu maior e mais expressivo desenvolvimento na década de 90, adotando uma filosofia eminentemente prescritiva. Além desse processo difícil e traumatizante para sua efetiva implantação, a normalização brasileira de segurança contra incêndio atualmente ainda guarda conflitos, sobreposições, além de certas contradições com a legislação do Corpo de Bombeiros.

A realização de uma análise do grau de prescritividade do conjunto normativo (normas e instruções técnicas) interveniente no projeto de segurança contra incêndio utilizado no Brasil, feita nesta dissertação, buscou traduzir uma maior ou menor dificuldade que se pode esperar na implantação de um ambiente de normalização baseada em desempenho. Reflexos de todos os fatores acima apresentados, a normalização brasileira se caracteriza por ser tipicamente prescritiva com grau de prescritividade de médio a alto, o que representa um poderoso instrumento de restrição à liberdade de projetar. Há, portanto, uma interferência significativa na tomada de decisões, conduzindo a soluções pouco padronizadas e pouco flexíveis. Os resultados desta análise indicam, portanto, que todo esse cenário normativo brasileiro atual faz supor uma certa dificuldade na

implantação de um ambiente de normalização baseada em desempenho, de forma que haja uma implementação gradual com um período relativamente longo de convivência entre as normas prescritivas e baseadas em desempenho, além de amplo treinamento e aprofundamento técnico por parte dos profissionais de projeto e das autoridades fiscalizadoras.

Por outro lado, não foi possível avaliar nesta pesquisa o impacto econômico do conjunto normativo prescritivo estudado aplicado às construções, mas é de se supor que, ao menos no domínio da construção metálica, significativas restrições são impostas pelo custo final do sistema de segurança contra incêndio que se deve agregar à edificação.

A pesquisa também identificou determinadas dificuldades e falhas na inserção da segurança contra incêndio no processo de projeto, tais como:

- a inexistência de um código nacional de segurança resulta em que as regulamentações recaiam sobre as esferas municipal (código de obras) e estadual (Corpo de Bombeiros);
- falta de uniformidade na legislação do Corpo de Bombeiros de cada Estado quanto à definição dos procedimentos e exigências para aprovação de projetos e dos profissionais habilitados a elaborá-los;
- deficiência e insuficiência na formação profissional dos arquitetos e engenheiros com relação a conceitos e princípios de projeto aplicados à segurança contra incêndio;
- descolamento entre a concepção da edificação e a posterior adequação das medidas de segurança adotadas, ou seja, a segurança contra incêndio é tratada como um item a ser cumprido quando os requisitos legais a exigirem, não sendo incorporada ao processo de criação;
- classificação, por parte de algumas normas brasileiras, da segurança contra incêndio como atividade técnica complementar, o que contribui para afirmar as sentenças anteriores.

Considerando que a atividade de projeto consiste em uma das ferramentas fundamentais para se agregar e garantir a qualidade ao objeto construído, a pesquisa também verificou a viabilidade de inclusão do PBD nos processos de projeto tradicional e simultâneo.

Verificou-se que o processo de projeto tradicional não viabiliza de forma plena toda a potencialidade do sistema PBD: poderia ser aplicado, mas a um custo elevado já que a inadequação das soluções de segurança contra incêndio, verificada tardiamente na seqüência de projetos, poderia obrigar à revisão do projeto de arquitetura.

Já o processo de projeto simultâneo, menos comum na prática projetual brasileira, adapta-se melhor à abordagem de desempenho e se insere de forma mais harmônica e integrada ao projeto de segurança contra incêndio. Oferece também melhor adequação das decisões de projeto às fases iniciais de concepção de projeto e ao longo de seu processo, implementando maior proximidade e interatividade entre profissionais das diversas especialidades. Ele condiz com a busca pela qualidade do processo como um todo e viabiliza a intercomunicação entre o conjunto, o que resulta em um produto com soluções mais próximas dos objetivos de projeto estabelecidos inicialmente e são potencialmente mais expressivas e equilibradas.

Os três exemplos de aplicação do PBD discutidos foram todos realizados em países estrangeiros e consistem em uma mostra do quanto normas PBD aliadas às ferramentas da Engenharia de Incêndio podem fazer pela segurança, expondo a viabilidade prática do sistema.

A pesquisa aponta que a experiência de utilização do PBD nos países pioneiros se torna viável em empreendimentos de grande porte, em que a grandeza dos investimentos justifica sua implementação. Para a construção metálica, o método de projeto baseado em desempenho pode ser vantajoso, pois, em face do alto índice de industrialização combinado com as decisões técnicas de engenharia, de arquitetura e de segurança contra incêndio, desenvolvidas de forma conjunta e associadas globalmente, pode, ao final, resultar em uma economia considerável em relação à solução prescritiva.

A possibilidade de que a abordagem de projeto baseado em desempenho seja viabilizada, implementada e utilizada no Brasil decorre de uma série de requisitos fundamentais e indispensáveis, como:

- o amadurecimento da Engenharia de Incêndio como disciplina;
- a qualificação e formação específica de um corpo técnico, como arquitetos, engenheiros, pesquisadores e Poder Público (Corpo de Bombeiros e Prefeitura);

- a implementação de políticas públicas voltadas para a educação sobre segurança contra incêndio;
- os investimentos em tecnologia de produtos e sistemas, além da formação de uma cultura que valorize a consciência preventiva do incêndio.

6.2 Sugestões

Dada a amplitude do tema e o caráter pioneiro da pesquisa no contexto brasileiro, o debate certamente se encontra em um estágio embrionário, devendo ser explorado em todas as suas dimensões.

Para desenvolver um sistema de normas baseadas em desempenho, há necessidade de se desenvolver a Engenharia de Incêndio no País. Intensas pesquisas seriam necessárias para que, em curto tempo, as primeiras normas PBD nacionais fossem aplicadas. Há, portanto, necessidade de investigar e expor didaticamente as ferramentas da Engenharia de Incêndio que servem de base ao PBD. Muitas dessas ferramentas, como as que se destinam ao modelamento de incêndios, têm uso apenas incipiente no Brasil. Outras, como os modelos de escape, devem sofrer adaptações em nosso país em função de nossas características culturais e de clima.

A questão de adaptação do PBD aos processos de projeto adotados no País também merece um aprofundamento. Processos de projeto típicos de diversos segmentos das construções (construções de concreto e aço, por exemplo) poderiam ser estudados com vistas à assimilação da filosofia PBD de forma eficiente. É certo, porém, que a Engenharia nacional, particularmente a de construção metálica, ainda não absorveu métodos avançados de projeto e o grau de improvisação é muito grande. Mas, ainda assim, a filosofia PBD trará ganhos ao setor, uma vez que se trata de racionalização das decisões combinadas com a liberdade de projeto.

Ainda que em âmbito investigativo, estudos de casos de aplicação do PBD a edificações nacionais devem ser feitos. Para isso, normas estrangeiras podem ser usadas em seu estado original, criando uma noção qualitativa dos desafios e das vantagens do *performance-based design*.

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **Desempenho de edifícios habitacionais de até cinco pavimentos** – parte 1: requisitos gerais: 02:136.01.001. Rio de Janeiro, 2004.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **Dimensionamento de estruturas de aço e de estruturas mistas aço-concreto de edifícios em situação de incêndio**: Projeto de Revisão da NBR 14323. Rio de Janeiro, 2003. Disponível em: <<http://www.dees.ufmg.br/fakury/>>. Acesso em: 5 ago. 2004.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **Discriminação de serviços para construção de edifícios**: NBR 12722. Rio de Janeiro, 1992.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **Elaboração de projetos de edificações**: atividades técnicas: NBR 13531. Rio de Janeiro, 1995.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **Execução de sistemas de detecção e alarme de incêndio**: NBR 9441. Rio de Janeiro, 1998.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **Exigências de resistência ao fogo de elementos construtivos de edificações**: NBR 14432. Rio de Janeiro, 2000.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **Prevenção e proteção contra incêndio em instalações aeroportuárias**: NBR 10720. Rio de Janeiro, 1989.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **Proteção contra incêndio por chuveiro automático**: NBR 10897. Rio de Janeiro, 1990.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **Proteção contra incêndio em depósitos de combustíveis de aviação**: NBR 12285. Rio de Janeiro, 1992.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **Proteção contra incêndio em subestações elétricas convencionais, atendidas e não atendidas, de sistemas e transmissão**: NBR 13231. Rio de Janeiro, 1994.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **Proteção contra incêndio em subestações elétricas de distribuição**: NBR 13859. Rio de Janeiro, 1997.

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

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **Saídas de emergência em edifícios: escadas de segurança – controle de fumaça por pressurização: NBR 14880.** Rio de Janeiro, 2002.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **Sistema de iluminação de emergência: NBR 10898.** Rio de Janeiro, 1999.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **Unidades envidraçadas resistentes ao fogo para uso em edificações: NBR 14925.** Rio de Janeiro, 2003.

AVERILL, Jason D. **Performance-based codes: economics, documentation and design.** 1998. 191 f. Thesis (Master of Science in Fire Protection Engineering) – Faculty of Worcester Polytechnic Institute, Worcester, 1998. Disponível em: <<http://www.wpi.edu/Pubs/ETD/Available/etd-051199-173528/>>. Acesso em: 5 jan. 2004.

BAÍÁ, Josaphat L.; MELHADO, Silvio B. Implantação de um sistema de gestão da qualidade em empresas de arquitetura. **Boletim Técnico da Escola Politécnica da USP**, São Paulo, BT/PCC/221, 21 p, 1998a. Disponível em: <<http://publicacoes.pcc.usp.br/>>. Acesso em: 4 jan. 2005.

_____. **Qualidade no processo de projeto: aplicação ao caso dos escritórios de arquitetura.** In: NUTAU, 1998b, São Paulo, 8 p. Artigo técnico. Disponível em: <<http://www.infohab.org.br/>>. Acesso em: 5 jan. 2005.

BAUERMANN, Maristela. **Uma investigação sobre o processo de projeto em edifícios de andares múltiplos em aço.** 2002. 254 f. Dissertação (Mestrado em Construção Metálica) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto, 2002.

BECK, Vaughan. Performance-based fire engineering design and its application in Australia. In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON FIRE SAFETY SCIENCE, 5., 1997, Melbourne. **Proceedings...** Melbourne: International Association for Fire Safety Science, 1997. p. 23-40.

BECKER, Rachel. Research and development needs for better implementation of the performance concept in building. **Automation in Construction**, v. 8, n. 4, p. 525-532, abr. 1999. Disponível em: <www.sciencedirect.com>. Acesso em: 25 mar. 2004.

BERGERON, Denis. Role of acceptable solutions in evaluating innovative designs. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON PERFORMANCE-BASED CODES AND FIRE SAFETY DESIGN METHODS, 4., 2002, Melbourne. **Anais eletrônicos...**

Disponível em: <<http://www.pebbu.nl/resources/literature/#internationalstandards>>. Acesso em: 11 mar. 2005.

BERTO, Antonio F. Regulamentação de segurança contra incêndio. In: SIMPÓSIO NACIONAL DE INSTALAÇÕES PREDIAIS, 4., 1987, São Paulo. **Anais...** São Paulo: EPUSP, 1987. p. 259-276.

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

_____. Proteger é a melhor solução contra incêndios. **Revista Incêndio**, São Paulo, ano III, n. 9, p. 18-23, 2000.

_____. Segurança contra incêndio. **Instituto de Pesquisas Tecnológicas – Bate papo programado**, São Paulo, 2002. Disponível em: <<http://www.ipt.br/tecnologia/chat/?ARQ=31>>. Acesso em: 17 nov. 2004.

_____. Segurança de papel. **Téchne**, São Paulo, ano 12, n. 88, p. 22-27, 2004.

BERTO Antonio F; TOMINA, José Carlos. A regulamentação de segurança contra incêndio do município de São Paulo aplicada a edifícios altos de escritório. In: Instituto de Pesquisas Tecnológicas – Divisão de Edificações. **Tecnologia de Edificações**. São Paulo: Pini, 1988. p. 339-344.

BEYLER, Craig L. Fire Safety Challenges in the 21st century. **Journal of Fire Protection Engineering**, v. 11, n. 1, p. 4-15, fev. 2001. Disponível em: <<http://ejournals.ebsco.com>>. Acesso em: 3 jun. 2004.

BOWMAN, Andrew. Performance-based analysis of an historic museum. **Fire Protection Engineering**, Cleveland, n. 8, p. 36-43, 2000. Disponível em: <<http://www.pentoncmg.com/sfpe/sfpe/sfpe2000.html>>. Acesso em: 10 nov. 2004.

BRASIL. Decreto nº 46.076, de 31 de agosto de 2001. **Diário Oficial do Estado**, São Paulo, 1º set. 2001. Disponível em: <<http://200.136.89.251/pagina15.html>>. Acesso em: 19 out. 2004.

_____. Lei nº 8.078, de 11 de setembro de 1990. Dispõe sobre a proteção do consumidor e dá outras providências. **Diário Oficial da União**, Brasília, 12 set. 1990. Disponível em: <<http://www.mj.gov.br/DPDC/servicos/legislacao.htm>>. Acesso em: 29 nov. 2004.

BRASIL. Projeto de Lei nº 3.699, de 18 e agosto de 2004. Dispõe sobre a especialização do engenheiro de prevenção e combate a incêndios, do técnico de prevenção e combate a incêndios e do bombeiro civil e dá outras providências. Comissão de Educação e Cultura, Brasília, 18 ago. 2004. Disponível em: <<http://www2.camara.gov.br/>>. Acesso em: 22 dez. 2004.

BRITISH STANDARDS INSTITUTION. **The application of fire safety engineering principles to fire safety in buildings** – PD0: guide to design framework and fire safety engineering procedures: BSI DD240. London, 2001.

BUCHANAN, Andrew H. Fire engineering for a performance based code. **Fire Safety Journal**, v. 23, n. 1, p. 1-16, 1994. Disponível em: <www.sciencedirect.com>. Acesso em: 4 jun. 2004

_____. Implementation of performance-based fire codes. **Fire Safety Journal**, v. 32, n. 4, p. 377-383, jun. 1999. Disponível em: <www.sciencedirect.com>. Acesso em: 8 mar. 2004.

_____. **Fire engineering design guide**. 2. ed. Christchurch, New Zealand: Centre for Advanced Engineering, University of Canterbury, 2001. 240 p. Disponível em: <http://www.caenz.com/info/publications/books_reports/in_print/fedg/fedg.html>. Acesso em: 3 abr. 2004.

BUKOWSKI, Richard W. Fire codes for global practice. **Progressive Architecture**, p. 117-119, jun. 1995. Disponível em: <<http://fire.nist.gov/bfrlpubs/>>. Acesso em: 4 ago. 2004.

_____. The role of standards in a performance-based building regulatory system. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON PERFORMANCE-BASED CODES AND FIRE SAFETY DESIGN METHODS, 4., 2002, Melbourne. **Anais eletrônicos...** Disponível em: <<http://www.pebbu.nl/resources/literature/#internationalstandards>>. Acesso em: 22 mar. 2004.

BUKOWSKI, Richard W.; BABRAUSKAS, Vytenis. Developing rational, performance-based fire safety requirements in model building codes. **Fire and Materials**, v. 18, n. 3, p. 173-191, may/june 1994. Disponível em: <<http://fire.nist.gov/bfrlpubs/>>. Acesso em: 22 mar. 2004.

CAMPOS, Alexandre R. de. Plataformas de ação para desenvolver a área de segurança contra incêndio no Brasil. **Revista Incêndio**, São Paulo, ano VI, n. 28, p. 22-26, 2004. Disponível em: <<http://www.cipanet.com.br/index.asp>>. Acesso em: 29 dez. 2004.

CARSON, Wayne. Se algo pode dar errado... **NFPA Journal OnLine**, Quincy, 2003. Notas especializadas. Disponível em: <http://www.nfpajournal-latino.com/nfpa_portugues/emergenciaspetroquimicasport.htm>. Acesso em: 8 ago. 2004.

CLARET, Antonio Maria. **Engenharia de incêndio**. Apostila da disciplina de Engenharia de Incêndio do curso de Mestrado em Construção Metálica – Pós-Graduação em Engenharia Civil – UFOP, Ouro Preto, 2003.

_____. **Resistência ao fogo de estruturas**: alternativas técnicas para a redução do custo da proteção passiva. Relatório Interno L01/2000. DECIV, Escola de Minas – UFOP, Ouro Preto, 2000.

CLARET, Antonio Maria; ETRUSCO, Paula. Tempo de escape em edificações: os desafios do modelamento de incêndio no Brasil. **Revista da Escola de Minas**, Ouro Preto, v. 55, n. 4, p. 257-261, out./dez. 2002. Disponível em: <<http://www.scielo.br/>>. Acesso em: 23 nov. 2004.

CONDE, Karla M. **Qualidade de projeto em empresas construtoras**: diagnóstico e recomendações. 2001. 140 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória, 2001.

CONFEA (Brasil). Resolução nº 359, de 31 de julho de 1991. **Diário Oficial da União**, Brasília, 31 nov. 1991. Seção I, p. 24.564. Disponível em: <<http://www.confex.org.br>>. Acesso em: 16 jan. 2005.

CORPO DE BOMBEIROS DA POLÍCIA MILITAR DO ESTADO DE SÃO PAULO. **Compartimentação horizontal e compartimentação vertical**: instrução técnica nº 9. São Paulo, 2001.

CORPO DE BOMBEIROS DA POLÍCIA MILITAR DO ESTADO DE SÃO PAULO. **Conceitos básicos de proteção contra incêndio**: instrução técnica nº 2. São Paulo, 2001b.

CORPO DE BOMBEIROS DA POLÍCIA MILITAR DO ESTADO DE SÃO PAULO. **Controle de fumaça**: instrução técnica nº 15. São Paulo, 2001.

CORPO DE BOMBEIROS DA POLÍCIA MILITAR DO ESTADO DE SÃO PAULO. **Dimensionamento de lotação e saídas de emergência em recintos esportivos e de espetáculos artístico-culturais**: instrução técnica nº 12. São Paulo, 2001.

CORPO DE BOMBEIROS DA POLÍCIA MILITAR DO ESTADO DE SÃO PAULO. **Iluminação de emergência:** instrução técnica nº 18. São Paulo, 2001.

CORPO DE BOMBEIROS DA POLÍCIA MILITAR DO ESTADO DE SÃO PAULO. **Procedimentos administrativos:** instrução técnica nº 1. São Paulo, 2001a.

CORPO DE BOMBEIROS DA POLÍCIA MILITAR DO ESTADO DE SÃO PAULO. **Proteção contra incêndios em cozinhas industriais:** instrução técnica nº 38. São Paulo, 2001.

CORPO DE BOMBEIROS DA POLÍCIA MILITAR DO ESTADO DE SÃO PAULO. **Saída de emergência em edificações:** instrução técnica nº 11. São Paulo, 2001.

CORPO DE BOMBEIROS DA POLÍCIA MILITAR DO ESTADO DE SÃO PAULO. **Segurança estrutural nas edificações:** resistência ao fogo de elementos de construção: instrução técnica nº 8. São Paulo, 2001.

CORPO DE BOMBEIROS DA POLÍCIA MILITAR DO ESTADO DE SÃO PAULO. **Separação entre edificações:** instrução técnica nº 7. São Paulo, 2001.

CORPO DE BOMBEIROS DA POLÍCIA MILITAR DO ESTADO DE SÃO PAULO. **Sistemas de detecção e alarme de incêndio:** instrução técnica nº 19. São Paulo, 2001.

CORPO DE BOMBEIROS DA POLÍCIA MILITAR DO ESTADO DE SÃO PAULO. **Sistema de chuveiros automáticos:** instrução técnica nº 23. São Paulo, 2001.

CORPO DE BOMBEIROS MILITAR DO ESTADO DO ESPÍRITO SANTO. **Norma técnica nº 11.** Vitória, 2002.

CORPO DE BOMBEIROS MILITAR DO ESTADO DO RIO DE JANEIRO. Resolução nº 142, de 15 de março de 1994. Disponível em: <<http://www.defesacivil.rj.gov.br>>. Acesso em: 27 dez. 2004.

CUSTER, Richard L. P.; MEACHAM, Brian J. **Introduction to performance-based fire safety.** Quincy: National Fire Protection Association, 1997. 260 p.

DANTAS, Frutuoso. **Noções básicas de normalização técnica.** Belém: Editora Universitária UFPA, 1995. 68 p.

DEPARTMENT OF BUILDING AND HOUSING. **The Building Regulations 1992:** New Zealand Building Code (The Building Code) – Schedule 1. Wellington, New Zealand, 1992. Disponível em: <<http://www.building.govt.nz/publish/subjects/pubs-code.php>>. Acesso em: 25 fev. 2005.

DIAS, José L. de Mattos. **Medida, normalização e qualidade**: aspectos da história da metrologia no Brasil. Rio de Janeiro: Inmetro, 1998. 292 p. Disponível em: <<http://www.inmetro.gov.br/infotec/publicacoes.asp>>. Acesso em: 17 nov. 2004.

EGAN, David M. **Concepts in building fire safety**. New York: John Wiley & Sons, 1978. ISBN 0-471-02229-2.

FABRICIO, Márcio M.; BAÍÁ, Josaphat L.; MELHADO, Silvio B. **Estudo da seqüência de etapas do projeto na construção de edifícios**: cenário e perspectivas. In: ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DA PRODUÇÃO – ENEGEP, 18., 1998, Niterói, 8 p. Artigo técnico. Disponível em: <<http://www.infohab.org.br/>>. Acesso em: 22 dez. 2004.

_____. **Estudo do fluxo de projetos**: cooperação sequencial x colaboração simultânea. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE GESTÃO DA QUALIDADE E ORGANIZAÇÃO DO TRABALHO – SIBRAGEQ, 1., 1999, Recife, 10 p. **Artigo técnico**. Disponível em: <<http://www.infohab.org.br/>>. Acesso em: 3 jan. 2005.

FABRICIO, Márcio M.; MELHADO, Silvio B. **Projeto simultâneo e a qualidade na construção de edifícios**. In: NUTAU, 1998, São Paulo, 7 p. Artigo técnico. Disponível em: <<http://www.infohab.org.br/>>. Acesso em: 11 jan. 2005.

_____. **Projeto simultâneo e a qualidade ao longo do ciclo de vida do empreendimento**. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO – ENTAC, 8., 2000, Salvador, 8 p. Artigo técnico. Disponível em: <<http://www.infohab.org.br/>>. Acesso em: 5 jan. 2005.

_____. **Desafios para integração do processo de projeto na construção de edifícios**. In: WORKSHOP NACIONAL GESTÃO DO PROCESSO DE PROJETO NA CONSTRUÇÃO DE EDIFÍCIOS, 2001, São Carlos, 6 p. Artigo técnico. Disponível em: <<http://www.infohab.org.br/>>. Acesso em: 11 jan. 2005.

_____. **Desenvolvimento histórico do processo de projeto na construção de edifícios**. In: ENCONTRO TECNOLÓGICO DA ENGENHARIA CIVIL E ARQUITETURA – ENTECA, 3., 2002a, Maringá, 11 p. Artigo Técnico. Disponível em: <<http://silviobm.pcc.usp.br/publicações.htm>>. Acesso em: 22 dez. 2004.

_____. **Por um processo de projeto simultâneo**. In: WORKSHOP NACIONAL GESTÃO DO PROCESSO DE PROJETO NA CONSTRUÇÃO DE EDIFÍCIOS, 2., 2002b, Porto Alegre, 5 p. Artigo técnico. Disponível em: <<http://www.infohab.org.br/>>. Acesso em: 11 jan. 2005.

FERREIRA, Aurélio Buarque de Holanda. **Dicionário Aurélio eletrônico: Século XXI**. Rio de Janeiro: Nova Fronteira, 1999. 1 CD-ROM.

FIRE engineering guidelines. Sidney: Fire Code Reform Centre Limited, 1996.

FIRE Protection Engineering. Cleveland, n. 13, p. 1-64, 2002. Disponível em: <<http://www.pentoncmg.com/sfpe/sfpe/sfpe2002.html>>. Acesso em: 6 ago. 2004.

FIXEN, Edward L. A statistical benchmarking framework for developing stakeholder consensus. **Fire Protection Engineering**, Cleveland, n. 17, p. 28-32, 2003. Disponível em: <<http://www.pentoncmg.com/sfpe/sfpe/sfpe2003.html>>. Acesso em: 30 mar. 2004.

FOLIANT, Greg C. Developments in performance-based building codes and standards. **Forest Products Journal**, v. 50, n. 7/8, p. 12-21, jul./ago. 2000. Disponível em: <<http://www.auspebbu.org/>>. Acesso em: 14 abr. 2005.

FONTENELLE, Eduardo C.; MELHADO, Silvio B. **Proposta para sistematização de informações e decisões nas etapas iniciais do processo de projeto de edifícios**. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO – ENTAC, 8., 2000, Salvador, 8 p. Artigo técnico. Disponível em: <<http://www.infohab.org.br/>>. Acesso em: 5 jan. 2005.

_____. As melhores práticas na gestão do processo de projeto em empresas de incorporação e construção. **Boletim Técnico da Escola Politécnica da USP**, São Paulo, BT/PCC/327, 20 p., 2002. Disponível em: <<http://publicacoes.pcc.usp.br/>>. Acesso em: 5 jan. 2005.

HADJISOPHOCLEOUS, George V.; BENICHO, Nouredine. Performance criteria used in fire safety design. **Automation in Construction**, v. 8, n. 4, p. 489-501, abr. 1999. Disponível em: <www.sciencedirect.com>. Acesso em: 2 mar. 2004.

_____. Development of performance-based codes, performance criteria and fire safety engineering methods. **International Journal on Engineering Performance-Based Fire Codes**, v. 2, n. 4, p. 127-142, 2000. Disponível em: <<http://irc.nrc-cnrc.gc.ca/fulltext/nrcc43976/>>. Acesso em: 21 mar. 2004.

HANSSEN, Cláudio A. Educação continuada para o profissional de incêndio. **Revista Incêndio**, São Paulo, ano VI, n. 27, p. 24-28, 2004. Disponível em: <<http://www.cipanet.com.br/index.asp>>. Acesso em: 22 dez. 2004.

INTERNATIONAL COUNCIL FOR RESEARCH AND INNOVATION IN BUILDING AND CONSTRUCTION – CIB. **Rational fire safety engineering**

approach to fire resistance of buildings. CIB Publication 269. The Netherlands: CIB W014 Fire, 2001. 48 p. Disponível em: <http://www.bfrl.nist.gov/866/CIB_W14/W14PUBL.htm>. Acesso em: 21 abr. 2004.

INTERNATIONAL COUNCIL FOR RESEARCH AND INNOVATION IN BUILDING AND CONSTRUCTION (CIB). **The performance concept and its terminology.** CIB 32. Paris: Centre Scientifique et Technique du Bâtiment, 1975. Disponível em: <<http://www.pebbu.nl/resources/literature/>>. Acesso em: 7 dez. 2004.

INTERNATIONAL COUNCIL FOR RESEARCH AND INNOVATION IN BUILDING AND CONSTRUCTION – CIB. **Performance based building:** first international state-of-the-art report. CIB Publication 291. The Netherlands: CIB Development Foundation, 2003. 90 p. Disponível em: <<http://www.pebbu.nl/resources/pebbupublications/>>. Acesso em: 29 jul. 2004.

INTERAGENCY SECURITY COMMITTEE (ISC). **ISC Security design criteria for new federal office buildings and major modernization projects: a review and commentary.** Washington: The National Academies Press, 2001. 64 p. Disponível em: <<http://www.nap.edu/books/0309088801/html/9.html>>. Acesso em: 6 ago. 2004.

KALAY, Yehuda. Performance-based design. **Automation in Construction**, v. 8, n. 4, p. 395-409, abr. 1999. Disponível em: <www.sciencedirect.com>. Acesso em: 28 fev. 2004.

KULIGOWSKI, Erica D.; MILKE, James A. A performance-based design of a hotel building using two egress models: a comparison of the results. In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON HUMAN BEHAVIOR IN FIRE, 3., 2004, Belfast. **Proceedings...** Belfast: Interscience Communications, 2004. 1 CD-ROM.

LANDI, Francisco R. Evolução e propagação do fogo. In: SIMPÓSIO NACIONAL DE INSTALAÇÕES PREDIAIS, 4., 1987, São Paulo. **Anais...** São Paulo: EPUSP, 1987, p. 1-16.

LORD, James; MARRION, Chris. Developments in codes around the world. **Fire Protection Engineering**, Cleveland, n. 19, p. 19-23, 2003. Disponível em: <<http://www.pentoncmg.com/sfpe/sfpe/sfpe2003.html>>. Acesso em: 30 mar. 2004.

LUCHT, David (Ed.). **Regulatory reform and fire safety design in the United States.** Massachusetts: Worcester Polytechnic Institute, 1999.

LUNDIN, Johan. A simple model to determine the need for design review. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON PERFORMANCE-BASED CODES AND

FIRE SAFETY DESIGN METHODS, 5., 2004, Luxembourg. **Anais eletrônicos...** Disponível em: <<http://www.brand.lth.se/english/publications/>>. Acesso em: 7 dez. 2004.

MARTINS, Protásio Dutra. Projeto de engenharia: um jogo intelectual entre livre criação e ação disciplinada. In: ENCONTRO DE EDUCAÇÃO EM ENGENHARIA, 8., 2002, Petrópolis; Niterói. **Anais eletrônicos...** Disponível em: <http://www.educeng.ufjf.br/anais2002_artigos_titulo.htm>. Acesso em: 18 abr. 2005.

McBRIDE, Madeline A.; HAYSON, John C. Canada's innovative 2005 building, fire, and plumbing codes. **Construction Business**, v. 1, n. 2, p. 18, Jan./Fev. 2004. Disponível em: <<http://irc.nrc-cnrc.gc.ca/fulltext/prac/nrcc46998/>>. Acesso em: 21 mar. 2004.

MEACHAM, Brian et al. Performance system model: a framework for describing the totality of building performance. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON PERFORMANCE-BASED CODES AND FIRE SAFETY DESIGN METHODS, 4., 2002, Melbourne. **Anais eletrônicos...** Disponível em: <<http://www.pebbu.nl/resources/literature/>>. Acesso em: 13 set. 2004.

MEACHAM, Brian J. Assessment of the technological requirements for the realization of performance-based fire safety design in the United States – phase I: fundamental requirements. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON FIRE RESEARCH AND ENGINEERING, 2., 1997a, Gaithersburg. **Proceedings...** Disponível em: <<http://fire.nist.gov/bfrlpubs/>>. Acesso em: 6 ago. 2004.

_____. Concepts of a performance-based building regulatory system for the United States. In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON FIRE SAFETY SCIENCE, 5., 1997b, Melbourne. **Proceedings...** Melbourne: International Association for Fire Safety Science, 1997. p. 701-712.

_____. **The evolution of performance-based codes and fire safety design methods.** NIST-GCR-98-761. Gaithersburg: National Institute of Standards and Technology, 1998. Disponível em: <<http://fire.nist.gov/bfrlpubs/>>. Acesso em: 8 mar. 2004, 65 p.

_____. International experience in the development and use of performance-based fire safety design methods: evolution, current situation and thoughts for the future. In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON FIRE SAFETY SCIENCE, 6., Poitiers. **Proceedings...** Poitiers: International Association for Fire Safety Science, 1999. p. 59-76.

MEACHAM, Brian J. Understanding risk: quantification, perceptions, and characterization. **Journal of Fire Protection Engineering**, v. 14, n. 3, p. 109, ago.

2004. Disponível em: <<http://jfe.sagepub.com/cgi/content/abstract/14/3/199>>. Acesso em: 5 ago. 2004.

MELHADO, Silvio B. Sistematização do problema de segurança contra incêndio para os edifícios de estrutura de aço. In: SIMPÓSIO NACIONAL DE INSTALAÇÕES PREDIAIS, 4., 1987, São Paulo. **Anais...** São Paulo: EPUSP, 1987. p. 77-97.

_____. **Qualidade do projeto na construção de edifícios:** aplicação ao caso das empresas de incorporação e construção. 1994. 294 p. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 1994.

_____. **Gestão, cooperação e integração para um novo modelo voltado à qualidade do processo de projeto na construção de edifícios.** 2001. 235 f. Tese (Livre-Docência) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2001.

MELHADO, Silvio B.; AGOPYAN, Vahan. O conceito de projeto na construção de edifícios: diretrizes para sua elaboração e controle. **Boletim Técnico da Escola Politécnica da USP**, São Paulo, BT/PCC/139, 20 p., 1995. Disponível em: <<http://www.infohab.org.br/>>. Acesso em: 23 dez. 2004.

MINISTÉRIO DA CIÊNCIA E TECNOLOGIA. **Programa tecnologia industrial básica e serviços tecnológicos para inovação e competitividade.** Brasília: Ministério da Ciência e Tecnologia, 2001. 100p. Disponível em: <<http://www.mct.gov.br/Temas/Desenv/consulta.htm>>. Acesso em: 6 dez. 2004.

MITIDIERI, Marcelo Luis; IOSHIMOTO, Eduardo. Proposta de classificação de materiais e componentes construtivos com relação ao comportamento frente ao fogo: reação ao fogo. **Boletim Técnico da Escola Politécnica da USP**, São Paulo, BT/PCC/222, 25 p., 1998. Disponível em: <<http://www.infohab.org.br/>>. Acesso em: 23 dez. 2004.

NATIONAL FIRE PROTECTION ASSOCIATION. **NFPA's future in performance-based codes and standards.** Quincy: NFPA, 1995, 45p. Disponível em: <<http://www.nfpa.org/Codes/Performance/Performance.asp>>. Acesso em: 3 jun. 2004.

NATIONAL GEOGRAPHIC SOCIETY. **The builders:** marvels of engineering. Washington: Library of Congress, 1992. 288 p.

NOVAES, Celso C. **Processo de projeto de edificações:** estruturação de informações e indicadores para a elaboração e controle da qualidade. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE GESTÃO DA QUALIDADE E ORGANIZAÇÃO DO TRABALHO NO

AMBIENTE construído, 2., 2001, Fortaleza, 14 p. Artigo técnico. Disponível em: <<http://www.infohab.org.br/>>. Acesso em: 5 jan. 2005.

ONO, Rosaria et al. **Análise das condições de segurança contra incêndio em edificações através de dados estatísticos de atividade de bombeiros**. In: NUTAU, 1998, São Paulo, 9 p. Artigo técnico. Disponível em: <<http://www.infohab.org.br/>>. Acesso em: 3 jan. 2005.

ONO, Rosaria. **Segurança contra incêndio em edificações**: um sistema de coleta e análise de dados para avaliação de desempenho. 1997. 240 p. Tese (Doutorado em Arquitetura e Urbanismo) – Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1997.

_____. Segurança contra incêndio nos projetos de arquitetura. **Revista Incêndio**, São Paulo, ano VII, v. 20, n. 30, p. 23-25, 2004. Disponível em: <<http://www.cipanet.com.br/index.asp>>. Acesso em: 14 dez. 2004.

PRIOR, Josephine J.; SZIGETI, Françoise. **Statements of requirements**: the key to unlocking performance based building?. Rotterdam: Performance Based Building Network (PeBBu), 2003. Disponível em: <<http://www.pebbu.nl/alignedcomponents/compendia/compendium2/>>. Acesso em: 13 nov. 2004.

QUITER, James R.; CUSTER, Richard L.P. Testing for engineered fire protection in performance-based design, **Fire Protection Engineering**, Cleveland, n. 15, p. 4-10, 2002. Disponível em: <<http://www.pentoncmg.com/sfpe/sfpe/sfpe2002.html>>. Acesso em: 30 mar. 2004.

REISS, Martin H.; ANTELL, James H. Harmonia global de projetos. **NFPA Journal On Line**, Quincy, 2002. Disponível em: <<http://www.nfpajournal-latino.com/>>. Acesso em: 6 jan. 2005.

SANDERS, T. R. B. **Objetivos e princípios da normalização**. Tradução de Francisco S. Barreto. Rio de Janeiro: ABNT, 1984. 135 p.

SEITO, Alexandre Itiu. Tópicos da segurança contra incêndio. In: IPT – Divisão de Edificações. **Tecnologia de Edificações**. São Paulo: Pini, 1988. p. 373-380.

_____. Formação em segurança contra incêndio: um desafio a ser vencido no Brasil. **Revista Incêndio**, São Paulo, ano VII, n. 32, p. 32-35, 2004. Disponível em: <<http://www.cipanet.com.br/index.asp>>. Acesso em: 22 dez. 2004.

SEITO, Alexandre Itiu; KATO, Miguel F. Fumaça no incêndio: movimentação no edifício e seu controle. In: **Tecnologia de Edificações**. São Paulo: Pini, 1988. p. 381-384.

SILVA, Valdir P. **Estruturas de aço em situação de incêndio**. São Paulo: Ziguarte, 2001. 249 p.

_____. **Normas brasileiras de estruturas em situação de incêndio**. São Paulo, 2002. Disponível em: <http://www.lmc.ep.usp.br/people/valdir/firenbr/fire_normas1.html>. Acesso em: 24 nov. 2004.

SOCIETY OF FIRE PROTECTION ENGINEERS. **SFPE Engineering guide to performance-based fire protection analysis and design of buildings**. Quincy: National Fire Protection Association, 2000. 170 p.

SOUTO, Franklin C. R. **Uma visão da normalização**. Rio de Janeiro: Qualitymark, 1991.

SOUZA, João Carlos. **Prevenção contra incêndios: a importância do projeto**. In: CONGRESSO TÉCNICO-CIENTÍFICO DE ENGENHARIA CIVIL, 1996, Florianópolis, p. 47-56. Artigo técnico. Disponível em: <<http://www.infohab.org.br/>>. Acesso em: 3 jan. 2005.

SOUZA, Roberto de et al. **Sistema de gestão da qualidade para empresas construtoras**. São Paulo: Pini, 1995.

THE NATIONAL ACADEMIES. **Approaches to improve engineering design**. Washington: The National Academies Press, 2001. 56 p. Disponível em: <<http://www.nap.edu/>>. Acesso em: 6 ago. 2004.

THOMPSON, Peter. Simulex 3.0: modelling evacuation in multi-storey buildings. In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON FIRE SAFETY SCIENCE, 5., 1997, Melbourne. **Proceedings...** Melbourne: International Association for Fire Safety Science, 1997. p. 725-736.

TUBBS, Beth et al. International collaboration - development of the International Fire Engineering Guidelines. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON PERFORMANCE-BASED CODES AND FIRE SAFETY DESIGN METHODS, 5., 2004, Luxembourg, p. 217-226. **Anais eletrônicos...** Disponível em: <<http://irc.nrc-cnrc.gc.ca/fulltext/nrcc47348/>>. Acesso em: 15 nov. 2004.

TZORTZOPOULOS, Patrícia. **Contribuições para o desenvolvimento de um modelo de processo de projeto de edificações em empresas construtoras incorporadoras de pequeno porte**. 1999. 163 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Curso de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 1999.

VARGAS, Mauri R.; SILVA, Valdir P. **Resistência ao fogo das estruturas de aço**. Rio de Janeiro: IBS/CBCA, 2003. 76 p.

WATTS, John M. The role of value judgements in performance-based fire safety. **Fire Technology**, v. 35, n. 3, p. 193-194, ago. 1999. Disponível em: <<http://www.springerlink.com>>. Acesso em: 3 jun. 2004.

WOLSKI, Armin; DEMBSEY, Nicholas A.; MEACHAM, Brian J. Accommodating perceptions of risk in performance-based building fire safety code development. **Fire Safety Journal**, v. 34, n. 3, p. 297-309, 2000. Disponível em: <www.sciencedirect.com>. Acesso em: 8 mar. 2004.

APÊNDICE – RELAÇÃO DAS NORMAS ABNT E INSTRUÇÕES TÉCNICAS ANALISADAS

NBR 9077/93 – Saída de emergência em edifícios – Procedimento (35 p.)					
ITEM DA NORMA	AÇÃO / COMANDO	PESO (p)	FREQÜÊNCIA (F)	PESO TOTAL DE PRESC. (Pp)	OBSERVAÇÃO
2 - Documentos complementares	f5	2	13	26	Referências normativas – consulta
4.4.1 e 4.5.1 - Largura das saídas e acessos	f2	4	2	8	Cálculo da largura
4.4.2; 4.4.3 e 4.5.1 - Larguras; exigências adicionais e acessos	g4	5	3	15	Larguras mínimas (1,10 e 2,20m); pé-direito mínimo (2,50m)
4.5.2 - Distâncias máximas a percorrer	g4	5	1	5	Tabela 6
4.5.2.7 - Unidades autônomas isoladas	f9	6	1	6	Resistência paredes
	f5	2	1	2	Paredes segundo ensaios NBR
	f3	2	1	2	Definição aberturas das unidades
4.5. 2.8 e 4.5.2.9	g4	5	2	10	Dimensão mínima e/ou máxima de aberturas
4.5.3 - Número de saídas	f8	6	2	12	Tipo e número de saídas
4.5.4 - Portas	f2	4	1	4	Método de cálculo para largura das portas comuns e PCF
	g4	5	1	5	Dimensões mínimas para portas
	f8	6	1	6	Tipo de porta a ser utilizada
	g8	5	1	5	Itens 4.5.4.4 e 4.5.4.6- dispositivos de segurança para portas
	f2	4	1	4	Dimensionamento
4.6 - Rampas	g4	5	1	5	Dimensões mínimas
	f8	6	1	6	Guarda e corrimãos
	g9	5	1	5	Resistência ao fogo para paredes
4.7 - Escadas (4.7.1 a 4.7.4)	f8	6	1	6	Corrimãos / guardas
	f2	4	1	4	Dimensionamento conforme 4.4
	g2	3	1	3	Método de cálculo para degraus e patamar
	g4	5	1	5	Dimensão mínima para degraus e patamares
	f8	6	1	6	Corrimãos e guardas
4.7.5 - Escadas não destinadas à S.E.	f2	4	1	4	Dimensionamento dos degraus
	g4	5	1	5	Dimensões máximas degraus
	g9	5	1	5	Resistência ao fogo para paredes
4.7.10 - Escadas protegidas (EP) (atender a 4.7.1 a 4.7.4)	f8	6	1	6	Corrimãos / guardas
	f2	4	1	4	Dimensionamento degraus
	g2	3	1	3	Método de cálculo para degraus e patamar
	g4	5	1	5	Dimensão mínima para degraus e patamares
	g9	5	1	5	Resistência ao fogo para paredes e portas
	g8	5	1	5	Alçapão de alívio de fumaça
	f3	2	1	2	Determinação de como as janelas devem ser
	g1	5	1	5	Definição material janelas

4.7.11- Escada à prova de fumaça (PF) (atender a 4.7.1 a 4.7.4)	g4	5	1	5	Dimensões mínimas para ventilação
	g9	5	1	5	Resistência ao fogo para paredes
	f8	6	1	6	Corrimãos
	g2	3	1	3	Método de cálculo para degraus e patamar
	f2	4	1	4	Dimensionamento degraus/patamar
	g4	5	1	5	Dimensão mínima para degraus e patamares
	f9	6	1	6	Resistência ao fogo parede e PCF
4.7.12 - Antecâmara	g3	1	1	1	Iluminação natural e antecâmara
	g4	5	1	5	Comprimento e pé-direito mínimos
	f9	6	2	12	Resistência ao fogo portas
	f8	6	1	6	Dutos de entrada e saída de ar
	g3	1	1	1	Determinação de como os dutos devem ser executados
4.7.13 - Dutos de ventilação natural (dutos de entrada e saída de ar)	g4	5	1	5	Área e distância mínimas
	g2	3	2	6	Seção mínima
	g4	5	4	20	Áreas e distâncias mínimas (DE/DS)
	g9	5	2	10	Resistência mínima de paredes.
	f3	2	2	4	Execução para isolamento térmico
4.7.14 - Balcões, varandas e terraços	f8	6	1	6	Exigências portas corta-fogo
	g4	6	2	12	Dimensões mínimas para altura e distância horizontal
4.8 - Guarda e corrimãos	g4	5	3		Dimensões mínimas para altura
	g1	5	1	5	Materiais vazados para guardas
	g7	5	1	5	Como deve ser a instalação
	g3	1	1	1	Definição de resistência estrutural para guarda de alvenaria
4.9 - Elevadores de emergência (EE)	f8	6	1	6	Obriga EE em prédios com mais de 20 pavimentos e mais de 12m
	f5	1	1	1	Referência normativa
	f9	6	1	6	Resistência ao fogo das paredes dos EE
	f7	6	1	6	Instalação do painel de comando
4.10 - Áreas de refúgio	f5	2	1	2	Exigências estruturais e resistência devem obedecer à NBR 5627
	f9	6	1	6	Resistência mínima ao fogo
	f8	6	1	6	Obrigatoriedade de área de refúgio
	g4	5	1	5	Largura mínima saída emergência
4.11 - Descarga	g8	5	1	5	Exigência porta corta-fogo
	g4	5	2	10	Largura mínima marquises e descarga
	f3	2	2	4	Definição do funcionamento das antecâmaras e descargas nas áreas de refúgio
4.12 - Alarme de incêndio e comunicação de emergência	f5	2	1	2	Referência normativa - obedecer à NBR 9441
	f8	6	1	6	Tipo de instalação para alarme e emergência
4.13 - Iluminação de emergência	f5	2	2	4	Referência normativa - obedecer à NBR 5413 e 10898

	f8	6	2	12	Especificação locais para iluminação de emergência e sinalização de saída
5.1 - Acesso sem obstáculos	f5	2	1	2	Referência normativa - largura das rotas segundo a NBR 9050
5.2 - Construções subterrâneas	g4	5	1	5	Dimensões mínimas para subsolo, térreo e não térreo
	f8	6	1	6	Alternativas para construções subterrâneas e sem janelas
F=105				Pp=441	

NBR 9441/98 – Execução de sistemas de detecção e alarme de incêndio – Procedimento (63 p.)

ITEM DA NORMA	AÇÃO / COMANDO	PESO (p)	FREQÜÊNCIA (F)	PESO TOTAL DE PRESC. (Pp)	OBSERVAÇÃO
2 - Documentos complementares	f5	2	6	12	Referências normativas – consulta
5.1 - Características do projeto	f6	2	6	12	6 itens que obrigatoriamente devem constar no projeto
5.2 - Elaboração do projeto	g4	5	1	5	Distância máxima para área segura
5.2.1 - Central	g4	5	2	10	Área máxima de ação para detectores de fumaça e de ação
5.2.4 - Detectores	f7	6	2	12	Método de instalação para detectores
5.2.5 - Acionador manual	g7	5	1	5	Método de instalação para acionador manual
	g4	5	1	5	Distâncias máximas a percorrer
5.2.7 - Circuitos de interligações	g8	5	1	5	Definição de quantidade e área de atuação
	g7	5	2	10	Forma de instalação de detectores e fiação
5.3 - Características dos componentes	f5	2	1	2	Especificação de referências normativas para atender a aspectos construtivos
5.3.1 - Central					
5.3.2 - Painel repetidor	f5	2	1	2	Especificação de referências normativas para atender a aspectos construtivos
5.3.4 - Acionadores manuais	g7	5	1	5	Instalações dos acionadores
5.3.5 - Avisadores acústicos e visuais	g7	5	1	5	Instalação dos avisadores
5.7 - Documentação para entrega do sistema	f6	2	8	16	Documentação de projeto exigida
			F=34	Pp=106	

NBR 10720/89 – Prevenção e proteção contra incêndio em instalações aeroportuárias – Procedimento (15 p.)

ITEM DA NORMA	AÇÃO / COMANDO	PESO (p)	FREQÜÊNCIA (F)	PESO TOTAL DE PRESC. (Pp)	OBSERVAÇÃO
2 - Documentos complementares	f5	2	9	18	Referências normativas – consulta
5.2.6 - Sistema de desocupação de emergência	g8	5	5	25	Especificação dos tipos de sistema de proteção e como devem funcionar
5.2.7 - Planejamento de saídas de emergência	g8	5	1	5	Critérios para saídas de emergência
	g4	5	2	10	Largura mínima para saídas e corredores; distâncias máximas a percorrer
5.9 - Extintores de incêndio	f8	6	1	6	Especificação de obrigatoriedade
5.10 - Sistema de proteção por hidrantes	f8	6	1	6	Especificação sobre o que deve ser incluído
5.11 - Sistemas fixos	g8	5	1	5	Especificação sobre o que deve ser incluído
			F=20	Pp=75	

NBR 10897/90 – Proteção contra incêndio por chuveiro automático – Procedimento (94 p.)					
ITEM DA NORMA	AÇÃO / COMANDO	PESO (p)	FREQÜÊNCIA (F)	PESO TOTAL DE PRESC. (Pp)	OBSERVAÇÃO
2 - Documentos complementares	f5	2	38	76	Referências normativas – consulta
4.1.5 - Limitação das áreas	g4	5	1	5	Área máxima para alarmes
4.2.2 - Projeto	f6	2	37	74	Elementos obrigatórios para projeto preliminar e executivo
5.2 - Abastecimentos de água	f2	4	1	4	Método de cálculo para tanques de pressão
	f1	6	1	6	Especificação do material para a construção dos reservatórios
	f2	4	2	8	Método de cálculo para bombas e reservatório - tabela 17
5.3 - Dimensionamento dos chuveiros por tabela	g2	3	1	3	Método de cálculo – dimensionamento
	g8	5	1	5	Quantidade máxima de chuveiros (dada por tabela)
5.4 - Dimensionamento dos chuveiros por cálculo hidráulico	g2	3	1	3	Dimensionamento dos chuveiros por cálculo hidráulico
	f2	4	1	4	Método de cálculo para determinar número de chuveiros
5.5.3 - Distâncias entre ramais e chuveiros	g4	5	1	5	Estabelecimento de distâncias mínimas e máximas entre ramais e chuveiros
5.5.4 - Distâncias entre chuveiros e elementos estruturais	g4	5	4	20	Estabelecimento de distâncias mínimas e máximas entre chuveiros e colunas, vigas, tesouras e vigas metálicas
	g4	5	15	75	Determinação das distâncias em todos os subitens
	g7	5	2	10	Especificação de método de instalação
5.5.5 - Posicionamento dos chuveiros	f8	6	7	42	Especificação de locais de instalação e quantidade
	g8	5	1	5	Número mínimo de chuveiro, equipamentos de segurança
	f7	6	1	6	Especificação da instalação dos chuveiros
5.5.6 - Limitações da área de cobertura	g4	5	1	5	Limitação de área máxima dos chuveiros de acordo com o risco
	f8	6	1	6	Definição de local para instalação
5.5.7 - Chuveiros laterais	g7	5	1	5	Posicionamento dos chuveiros
	g4	5	3	15	Limitação de área e distâncias máximas
5.6 - Chuveiros externos para proteção	f7	6	1	6	Método de instalação para chuveiros automáticos
			F=122	Pp=388	

NBR 10898/99 – Sistema de iluminação de emergência (24 p.)					
ITEM DA NORMA	AÇÃO / COMANDO	PESO (p)	FREQÜÊNCIA (F)	PESO TOTAL DE PRESC. (Pp)	OBSERVAÇÃO
2 - Referências normativas	f5	2	10	20	Referências normativas – consulta
4.6 - Localização	f9	6	1	6	Resistência ao fogo de paredes
5.11 - Iluminação do ambiente	f8	6	1	6	Obrigatoriedade da iluminação de emergência em locais definidos
8.1 - Projeto	f6	2	7	14	Informações que devem constar no projeto
8.1.14; 8.1.17	g4	5	2	10	Distâncias máximas para pontos de iluminação (anexo A)
8.1.14	f2	4	1	4	Método de cálculo para nível de iluminância
8.1.18	g7	5	1	5	Método de instalação dos sistemas de iluminância
			F=23	Pp=65	

NBR 12285/92 – Proteção contra incêndio em depósitos de combustíveis de aviação - Procedimento (05 p.)					
ITEM DA NORMA	AÇÃO / COMANDO	PESO (p)	FREQÜÊNCIA (F)	PESO TOTAL DE PRESC. (Pp)	OBSERVAÇÃO
2 - Documentos complementares	f5	2	5	10	Referências normativas – consulta
4.2 - Sinalização de segurança	g8	5	1	5	Especificação da obrigatoriedade dos tipos de placas de sinalização
4.3 - Extintores de incêndio 4.3.4.2 - Pó químico	f4	6	1	6	Especificação da dimensão para posicionamento dos extintores
4.3.7	f4/f8	6	2	12	Área de proteção e distância a percorrer em função do extintor
4.4 - Sistemas fixos de combate a incêndio	f8	6	2	12	Especificação de tipos de sistemas fixos - hidrante e espuma
4.4.2.5 - Câmaras de espuma	g8	5	1	5	Número mínimo de câmaras
4.5 - Meios de alarme	f5	2	1	2	Referência normativa - sistema de alarme segundo a NBR 10720
			F=13	Pp=52	

NBR 13231/94 – Proteção contra incêndio em subestações elétricas convencionais, atendidas e não atendidas, de sistema de transmissão - Procedimento (10 p.)

ITEM DA NORMA	AÇÃO / COMANDO	PESO (p)	FREQÜÊNCIA (F)	PESO TOTAL DE PRESC. (Pp)	OBSERVAÇÃO
2 - Documentos complementares	f5	2	25	50	Referências normativas – consulta
5.1.1.2 - Requisitos construtivos	g1	5	1	5	Especificação de requisitos construtivos, de acordo com construção superior conforme item 3.3
	f1	6	2	12	
	f3	2	2	4	
	f7	6	1	6	
	f5	2	1	2	
5.1.2.3 - Salas, galerias, canaletas e túneis de cabos	g4	5	1	5	Pé-direito mínimo 2m
	f5	2	1	2	Referências normativas - conforme NBR 10898 e NFPA 90 ^A
5.1.2.4 - Escritório, almoxarifado, oficina e copa	f1	6	1	6	Especificação de material: paredes de alvenaria
5.1.3.1.1; 5.1.3.3.2; 5.2.1; 5.2.2.2.1; 5.3	g9	5	5	25	Resistência mínima ao fogo, segundo item 3.3
5.1.3.1 - Casa do grupo gerador	g7	5	1	5	Especificação de formas de instalação
5.1.3.4 - Oficina eletromecânica	f5	2	1	2	Referências normativas - conforme NBR 11711 para acessos
5.4 - Sistemas e equipamentos de proteção contra incêndio	f8	6	3	18	Definição de dispositivos de segurança por sistemas de extintores e iluminação de emergência
5.4.4.4 - Parede tipo corta-fogo	g4	5	1	5	Dimensões definidas entre elementos e paredes
5.4.8 - Sistemas de detecção e alarme	f5	2	1	2	Referências normativas - conforme NBR 9441
5.5 - Requisitos básicos para transformação de instalação	f8	6	1	6	Especificação de elementos de segurança para transformar subestações atendidas para não atendidas
			F=48	Pp=155	

NBR 13859/97 – Proteção contra incêndio em subestações elétricas de distribuição - Procedimento (05 p.)

ITEM DA NORMA	AÇÃO / COMANDO	PESO (p)	FREQÜÊNCIA (F)	PESO TOTAL DE PRESC. (Pp)	OBSERVAÇÃO
2 - Documentos complementares	f5	2	25	50	Referências normativas - consulta
4.2 - Requisitos construtivos	g1	5	6	30	Especificação de requisitos construtivos (deve ser de construção superior). Referências normativas
	g3	1	2	2	
4.5 - Requisitos gerais da casa de bombas de incêndio	f5	2	2	4	
4.3 - Requisitos gerais da casa de controle	g4	5	1	5	Especificação de pé-direito das instalações
	f5	2	1	2	Referências normativas
4.4 - Requisitos gerais da casa do grupo gerador	g9	5	1	5	Resistência ao fogo conforme item 3.8 da NBR 13231
	g7	5	1	5	Especifica formas de instalação
6.1 - Extintores de incêndio sobre rodas	f5	2	1	2	Referência normativa conforme NBR 12693
6.2 - Extintores de incêndio portáteis	g4	5	1	5	Distâncias máximas entre extintores
	f5	2	1	2	Referência normativa conforme NBR
7.1 - Paredes tipo corta-fogo	g1	5	1	5	Especificação de classe de material (alvenaria ou concreto armado)
	g4	5	1	5	Distâncias mínimas exigidas
8 - Recursos especiais e sistemas fixos de proteção	f5	2	4	8	Referências normativas para sistemas fixos
9 - Resumo da proteção contra incêndio	f8	6	10	60	Equipamentos de segurança para subestações (vias acesso; paredes CF; extintores; sinalização; bacia de captação; ilum. emergência; sist. detecção e alarme; saída emerg.; sist. CO2; sist. água nebulizada)
	f5	2	3	6	Referências normativas para sistema de detecção e alarme; saída emergência; CO2
	g4	5	2	10	Distâncias máximas de subestação uso múltiplo e compartilhada
F=63				Pp=206	

NBR 14880/02 – Saídas de emergência em edifícios - Escadas de segurança - Controle de fumaça por pressurização (12 p.)

ITEM DA NORMA	AÇÃO / COMANDO	PESO (p)	FREQÜÊNCIA (F)	PESO TOTAL DE PRESC. (Pp)	OBSERVAÇÃO
2 - Referências normativas	f5	2	11	22	Referências normativas – consulta
4.2 - Valores referenciais de pressão	f10	4	1	4	Definição de valores de pressão
4.5 - Suprimento de ar	f2	4	6	24	Cálculo do suprimento de ar; escape do ar e escape do ar em portas
4.6 - Escape do ar de pressurização	g2	3	4	12	Métodos para cálculo do escape do ar
5 - Edificação	g9	5	1	5	Resistência ao fogo dos sistemas de pressurização
5.1 Aspectos gerais	g8	5	1	5	Previsão de equipamentos de segurança
	g9	5	1	5	Resistência ao fogo da construção
5.4 - Estruturas de proteção do sistema de pressurização	f8	6	1	6	Exigência de antecâmara de segurança com porta corta-fogo
	g4	5	1	5	Distância mínima para extensão da área de refúgio
	g4	5	1	5	Distâncias para tomada de ar
6.2 - Tomada de ar	g3	1	1	1	Exigência de tomada de ar no térreo
	g7	5	1	5	Execução do sistema de insuflação de ar
	g9	5	1	5	Resistência mínima ao fogo (6.3.7)
6.3 - Sistema de distribuição de ar	g1	5	1	5	Especificação do material dos dutos (chapas ou alvenaria-6.3.2 e 6.3.3)
	g3	1	1	1	Método de execução para revestimento
6.5 - Sistema de suprimento elétrico	g8	5	3	15	Tabela 4: número de PCF abertas, gerador automatizado e sistema de detecção de fumaça
6.6 - Sistemas de controle de pressão	g10	3	1	3	Limite definido para pressão na escada de segurança
	g7	5	1	5	Método de instalação
6.7 - Sistema de acionamento e alarme	g7	5	1	5	Método de instalação
			F=39	Pp=138	

NBR 14925/03 – Unidades envidraçadas resistentes ao fogo para uso em edificações (03 p.)

ITEM DA NORMA	AÇÃO / COMANDO	PESO (p)	FREQÜÊNCIA (F)	PESO TOTAL DE PRESC. (Pp)	OBSERVAÇÃO
2 - Referências normativas	f5	2	2	4	Referências normativas – consulta
5- Tipos de vidro	g1	5	1	5	Tipos de materiais permitidos
7 - Avaliação	g9	5	1	5	Tempo de resistência ao fogo
			F=4	Pp=14	

NBR 14323/03 – Dimensionamento de estruturas de aço e de estruturas mistas aço-concreto de edifícios em situação de incêndio - Procedimento (89 p.) - Texto base de revisão.

ITEM DA NORMA	AÇÃO / COMANDO	PESO (p)	FREQÜÊNCIA (F)	PESO TOTAL DE PRESC. (Pp)	OBSERVAÇÃO
2 - Referências normativas	f5	2	10	20	Referências normativas – consulta
6-Dimensionamento - condições básicas	g2	3	3	9	Dimensionamento por: ensaio, método simplificado e método avançado
7.1 - Aplicação	f5	2	1	2	Ensaio deve atender à NBR 5628
7.2 - Espessura necessária	f3	2	1	2	Execução das espessuras dos materiais de proteção (ensaio)
	f2	4	1	4	Método de cálculo
8.4.1 a 8.4.6, exceto 8.4.5	f2	4	5	20	Método de dimensionamento para tração, compressão, flexão, força normal, momento fletor e ligações
8.5.1 a 8.5.3	f2	4	3	12	Método dimensionamento estruturas internas, externas e de vedação
8.4.5 - Elementos mistos	f2	4	4	16	Método dimensionamento vigas mistas aço-concreto: anexo A
	g2	3	2	6	Método dimensionamento pilares mistos aço-concreto: anexo B
	g2	3	1	3	Método dimensionamento lajes mistas aço-concreto: anexo C
	g9	5	2	10	Resistência ao fogo: anexos B e C
	f3	2	1	2	Método execução: B4
ANEXO D	g3	1	3	3	Detalhes construtivos para execução de ligações
ANEXO E	g2	3	1	3	Dimensionamento aço por alongamento, calor específico e condutividade
ANEXO F	g2	3	1	3	Dimensionamento aço por alongamento, calor específico e condutividade
			F=39	Pp=115	

NBR 14432/00 – Exigências de resistência ao fogo de elementos construtivos de edificações - Procedimento (14 p.)

ITEM DA NORMA	AÇÃO / COMANDO	PESO (p)	FREQÜÊNCIA (F)	PESO TOTAL DE PRESC. (Pp)	OBSERVAÇÃO
2 - Referências normativas	f5	2	6	12	Referências normativas - consulta
5 - Métodos para atendimento das exigências de resistência ao fogo	f2	4	3	12	Dimensionamento por anexo A; item 5.5 ou item 5.6 e NBR 14323
Anexo A	f9	6	1	6	TRRF - Tabela A.1
	g4	5	1	5	Limite de área máxima
	f5	2	1	2	Referências normativas para saídas de emergência conforme NBR 9077
	f10	4	1	4	Carga de incêndio específicas
Anexo C	f2	4	1	4	Método de cálculo
	f4	6	1	6	Definição de área máxima (500m²) para levantamento da C.I
	G3	1	1	1	Condições específicas para edificações
Anexo D	f10	4	1	4	Limite para fator de massividade
	f9	6	1	6	TRRF limite para elementos estruturais
			F=18	Pp=62	

IT 07/01 – Separação entre edificações (09 p.)

ITEM DA NORMA	AÇÃO / COMANDO	PESO (p)	FREQÜÊNCIA (F)	PESO TOTAL DE PRESC. (Pp)	OBSERVAÇÃO
2 - Referência normativa	f5	2	1	2	Referências normativas – consulta
6 - Isolamento de risco	f3	2	3	6	Três formas de isolamento: distância de separação (2) e parede corta-fogo
6.1.1 - isolamento entre fachadas	f2	4	1	4	Procedimento para dimensionar a distância de separação (5 passos)
6.1.2 - isolamento entre cobertura e fachada	f9	6	1	6	Cobertura deve atender a TRRF - IT 08
	g4	5	1	5	Distâncias mínimas entre cobertura e telhado
6.1.5 - Proteção por paredes corta-fogo	g4	5	2	10	Distâncias entre parede e telhado
	g9	5	1	5	Tempo mínimo de resistência ao fogo
6.1.6 - Edifícios residenciais	g4	5	3	15	Distância mínima de afastamento entre edificações
	f8	6	1	6	Exigência de parede corta-fogo para edificações
Anexo B	g9	5	4	20	Dispositivos de segurança para edificações em exposição
Anexo D	f2	4	1	4	Método de cálculo para distância entre fachada e divisa
			F=19	Pp=83	

IT 08/01 – Segurança estrutural nas edificações - resistência ao fogo dos elementos de construção (10 p.)					
ITEM DA NORMA	AÇÃO / COMANDO	PESO (p)	FREQÜÊNCIA (F)	PESO TOTAL DE PRESC. (Pp)	OBSERVAÇÃO
3 - Referências normativas	f5	2	12	24	Referências normativas – consulta
5 - Procedimentos	f9	6	1	6	Exigência de TRRF para elementos estruturais e de compartimentação
5.1					
5.2	g2	3	1	3	Metodologia para comprovar TRRF
5.3 - Método de tempo equivalente	g2	3	1	3	Tipo de dimensionamento aplicável a certas edificações
5.5 - Dimensionamento de elementos estruturais	f5	2	1	2	Referências normativas para aço: NBR 14323 e concreto: NBR 6118
	g2	3	1	3	Método dimensionamento para estruturas de aço
	f2	4	1	4	Método dimensionamento para estruturas de concreto
5.6 - Cobertura					
5.7 - Elementos de compartimentação	g9	5	7	35	TRRF mínimo, conforme Anexo A
5.8 - Mezaninos					
5.12 - Estruturas externas	f2	4	1	4	Método de cálculo - sequência para verificação das estruturas externas
5.12.3	f5	2	1	2	Referências normativas para método de cálculo
5.14 - Edificação aberta lateralmente	g4	5	1	5	Especifica limites de dimensões para ventilação
	f9	6	1	6	TRRF
Anexo A	g4	5	1	5	Determina áreas máximas
	f5	2	1	2	Dimensionamento conforme NBR 14432
Anexo B	g9	5	1	5	Resistência ao fogo para alvenaria
Anexo C	f2	4	1	4	Formulação do método equivalente
			F=33	Pp=113	

IT 09/01 – Compartimentação horizontal e compartimentação vertical (12 p.)					
ITEM DA NORMA	AÇÃO / COMANDO	PESO (p)	FREQÜÊNCIA (F)	PESO TOTAL DE PRESC. (Pp)	OBSERVAÇÃO
3 - Referências normativas	f5	2	11	22	Referências normativas – consulta
5.1.2 - Características de construção	g3	1	1	1	Métodos de execução para a compartimentação horizontal
	g4	5	2	10	Distância para posicionamento da parede acima da cobertura; distância entre aberturas (IT 07)
	f5	2	9	18	Referências normativas
5.1.3 - Proteção das aberturas nas paredes corta-fogo	f8	6	4	24	Portas corta-fogo; vedadores corta-fogo; aberturas seladas e registro corta-fogo
5.1.4 - Características de resistência ao fogo	g9	5	2	10	TRRF para paredes corta-fogo e paredes divisórias
	g4	5	1	5	Dimensão máxima de compartimentação
5.2.2 - Características de construção	g4	5	2	10	Altura mínima viga/parapeito e abas (figuras 2 e 3 - Anexo A)
	g3	1	2	2	Método de execução
	g1	5	1	5	Especificação de materiais para entrepisos
	f5	2	2	4	Referências normativas para escadas: IT11
	g8	5	4	20	Dispositivos de segurança para compartimentação vertical no interior e na envoltória
5.2.4 - Escadas	f5	2	3	6	Referências normativas para resistência das paredes
	g8	5	1	5	Dispositivos de segurança para escada
	g3	1	1	1	Método de execução das escadas (enclausuradas)
5.2.5 - Elevadores	g3	1	1	1	Execução dos poços - paredes corta-fogo
	f5	2	2	4	Referências normativas para resistência das paredes
	g8	5	1	5	Instalação das portas corta-fogo
5.2.6 - Monta-carga	g3	1	1	1	Execução dos poços - paredes corta-fogo
	f5	2	2	4	Referências normativas para resistência das paredes
5.2.7 - Instalações de serviço	g8	5	1	5	Utilização de selagem
5.2.8 - Aberturas para passagem de dutos	g8	5	1	5	Utilização de selagem
5.2.9 - Aberturas para passagem de materiais	g8	5	1	5	Utilização de vedadores corta-fogo
5.2.10 - Átrios	g8	5	1	5	Disposição de segurança nos átrios
	f5	2	2	4	Referências normativas para resistência das paredes
	g3	1	1	1	Método de execução dos átrios
5.2.11 - Prumadas enclausuradas	g8	5	1	5	Dispositivos de segurança para prumadas
5.2.12 - Prumadas para ventilação	f5	2	3	6	Referências normativas para resistência das paredes

Apêndice

permanente	g8	5	1	5	Elementos de segurança para prumada
5.2.13 - Características de resistência ao fogo	g9	5	6	30	TRRF para condição de resistência ao fogo
5.3 - Áreas máximas de compartimentação	g4	5	1	5	Anexo B - tabela de área máxima
5.4	g8	5	1	5	Obrigatoriedade de chuveiros automáticos e controle de fumaça
	f5	2	1	2	Referência normativa para controle de fumaça (IT 15)
			F=74	Pp=241	

IT 11/01 – Saídas de emergência em edificações (23 p.)					
ITEM DA NORMA	AÇÃO / COMANDO	PESO (p)	FREQUÊNCIA (F)	PESO TOTAL DE PRESC. (Pp)	OBSERVAÇÃO
3 - Referências normativas e bibliográficas	f5	2	9	18	Referências normativas - consulta
5.3 - Cálculo da população	f2	4	1	4	Dimensionamento cálculo população
5.4.1 - Larguras das saídas	f2	4	1	4	Dimensionamento para largura das saídas
5.4.2 - Larguras mínimas	g4	5	3	15	Dimensões mínimas para larguras das saídas de emergência
5.5 - Acessos	f2	4	1	4	Dimensionamento para cálculo da largura das saídas
5.5.1 - Generalidades	g4	5	4	20	PD mínimo para acessos e larguras mínimas
5.5.2.2	g4	5	2	10	Distâncias máximas a serem percorridas
5.5.2.7	f5	2	2	4	Resistência ao fogo dos elementos de compartimentação (IT8 e IT9)
5.5.2.8 e 5.5.2.10	g4	5	2	10	Dimensões mínimas e/ou máximas de abertura
5.5.3 - Número de saídas	f8	6	2	12	Número de saídas e tipo de escadas (Tabela 6)
	g4	5	1	5	Distância mínima entre dois ou mais acessos
5.5.4 - Portas	f2	4	1	4	Dimensionamento para largura portas, conforme 5.4
	g4	5	4	20	Dimensões mínimas para portas
	f8	6	1	6	Tipo de porta que deve ser usada – PCF
	g8	5	1	5	Dispositivos de segurança para portas
	f2	4	1	4	Dimensionamento conforme 5.4
5.6 - Rampas	g4	5	4	20	Dimensões mínimas para comprimento
5.6.2 - Condições de atendimento	f8	6	1	6	Dispositivos de segurança - corrimãos e guardas
5.7 - Escadas	f5	2	1	2	Resistência ao fogo para paredes conforme IT 08
5.7.1 - Generalidades	f8	6	1	6	Corrimãos e guardas
5.7.2 - Largura	f2	4	1	4	Dimensionamento conforme 5.4
5.7.3 - Dimensionamento de degraus e patamares	g4	5	4	20	Dimensões mínimas de degraus e patamares
	g2	3	1	3	Método de cálculo para degraus e patamares
5.7.4 - Caixa de escadas	g9	5	1	5	Resistência mínima ao fogo para paredes
5.7.5 - Escadas não destinadas a saídas de emergência	g4	5	1	5	Definição de largura mínima
	f8	6	1	6	Exigência de corrimãos e guardas
	f2	4	1	4	Dimensionamento degraus
5.7.7 - Escadas não enclausuradas ou escadas comuns-NE	f5	2	3	6	Itens 5.7.1 a 5.7.3
5.7.8 - Escadas enclausuradas protegidas - EP	f8	6	3	18	
5.7.9 - Escadas	f2	4	3	12	

enclausuradas à prova de fumaça - PF	g4	5	3	15	
	g2	4	3	12	
	g4	5	3	15	Dimensões mínimas
	f3	2	1	2	Método de execução das janelas das EP
	g1	5	1	5	Especificação do material das janelas
	g4	5	1	5	Dimensões mínimas
	g9	1	1	1	Resistência mínima ao fogo
	f9	6	1	6	Resistência ao fogo para paredes e PCF
5.7.10 - Antecâmaras	g3	1	1	1	Execução da iluminação natural das escadas enclausuradas
	g4	5	1	5	Dimensões mínimas para comprimento e PD
	f9	6	2	12	Resistência ao fogo para PCF e paredes
	f8	6	1	6	Dispositivos de segurança: dutos de ar
	g3	1	1	1	Método de execução
	g4	5	1	5	Área mínima e distância vertical mínima
	f3	2	1	2	Método de execução das aberturas dos dutos
	g2	3	2	6	Cálculo para seção mínima
5.7.11 - Dutos de ventilação natural	g4	5	3	15	Áreas e distâncias mínimas de dutos e parte horizontal
	g9	5	2	10	Resistência mínima ao fogo das paredes
	f3	2	2	4	Método de execução das aberturas dos dutos
	f8	6	1	6	Dispositivos de segurança: PCF
5.7.12 - Balcões, varandas e terraços	g9	5	1	5	Resistência ao fogo para PCF
	g4	5	2	10	Largura/altura mínimas e distância horizontal mínima
	f5	2	1	2	Referência normativa atender a IT 13
5.7.14 - Escada aberta externa - AE	f5	2	1	2	
	f8	6	1	6	
	f2	4	1	4	Itens 5.7.1 a 5.7.3; 5.8.1.3 e 5.8.2
	g4	5	3	15	
	g2	3	1	3	
	f8	6	1	6	Dispositivo de segurança: PCF
	g9	5	2	10	Resistência ao fogo para PCF e paredes
	g4	5	1	5	Distâncias mínimas das aberturas
5.8 - Guardas e corrimãos	g4	5	1	5	Alturas mínimas
	g1	5	1	5	Especificação de materiais para guardas vazadas
5.8.1 - Guarda-corpos e balaustradas	g4	5	1	5	Alturas mínimas
	g7	5	1	5	Método instalação corrimãos
5.8.2 - Corrimãos	g3	1	1	1	Resistência estrutural para guardas de alvenaria
5.8.3 - Exigências estruturais	g4	5	1	5	Distâncias e dimensões máximas e mínimas
5.8.4 - Corrimãos intermediários					

5.9 - Elevadores de emergência (EE)	f8	6	1	6	Obrigatoriedade de EE em algumas edificações
	f5	2	1	2	Referências normativas para EE
	f9	6	1	6	Resistência ao fogo para paredes
	f7	6	1	6	Método de instalação para os EE
5.10 - Área de refúgio (AR)	f5	2	1	2	Referências normativas para cálculo de resistência
	g4	5	1	5	Largura mínima para saída de emergência
	f8	6	1	6	Obrigatoriedade de AR em algumas edificações
5.11 - Descarga	f9	6	1	6	Resistência ao fogo para paredes e PCF
	g4	5	1	5	Largura mínima das descargas
	f2	4	1	4	Método de cálculo para largura, conforme 5.4
	f3	2	1	2	Execução de antecâmara para descarga em galerias comerciais
5.12 - Alarme de incêndio e comunicação de emergência	f5	2	1	2	Referência normativa: IT 19
5.13 - Iluminação de emergência e sinalização de saída	f5	2	3	6	Referência normativa para saída conforme NBR e IT
5.14 - Ponto de ancoragem	g4	5	1	5	Distância mínima da fixação
	g7	5	1	5	Método de instalação dos pontos na edificação
5.15 - Acesso sem obstáculos	f5	2	1	2	Referência normativa para larguras conforme NBR 9050
5.16 - Construções subterrâneas	g4	5	1	5	Distâncias mínimas para serem térreas, não térreas e subsolo
	f8	6	1	6	Dispositivos de segurança para subsolos
5.17 - Exigências para edificações construídas antes de 1983	f8	6	1	6	Definição de equipamentos de segurança
	g3	1	1	1	Método de execução das edificações em subsolo
	g4	5	1	5	Distâncias máximas a serem percorridas
F=138				Pp=583	

IT 12/01 – Dimensionamento de lotação e saídas de emergência em recintos esportivos e de espetáculos artístico-culturais (14 p.)

ITEM DA NORMA	AÇÃO / COMANDO	PESO (p)	FREQÜÊNCIA (F)	PESO TOTAL DE PRESC. (Pp)	OBSERVAÇÃO
3 - Referências normativas e bibliográficas	f5	2	11	22	Referências normativas – consulta
5.1.1.6	f5	2	1	2	Referência normativa para saída de emergência - IT 11
5.1.2 - Cálculo da população máxima	g4	5	1	5	Largura máxima para portas de rotas de fuga
	g2	3	2	6	Método de cálculo de distância em função do tempo de abandono
5.1.2.12; 5.1.3.2	f5	2	2	4	Referências normativas
5.1.3	g2	3	1	3	Cálculo da população adotando-se o mais restritivo
5.1.4 - Cálculo escoamento pessoas	f2	4	1	4	Método de cálculo por fluxo e escoamento
5.1.5 - Dimensionamento das saídas de emergência	f2	4	2	8	Dimensionamento da largura efetiva
	g4	5	1	5	Especifica largura mínima
5.1.6 - Sistemas complementares	f5	2	1	2	Referências normativas para iluminação de emergência
5.1.7 - Edificações de caráter temporário	f3	2	1	2	Método de execução das arquibancadas
	g4	5	1	5	Distância máxima a ser percorrida
	g2	3	1	3	Método de cálculo para brigadistas
5.1.8 - Condições específicas	f4	6	1	6	Dimensão de espaçamento para corrimãos
	g4	5	1	5	Dimensões para alturas de degraus
	g10	3	1	3	Velocidade mínima de movimento de saída
	g8	5	1	5	Exigência para corrimãos
			F=30	Pp=90	

IT 15/01 – Controle de fumaça (69 p.)

ITEM DA NORMA	AÇÃO / COMANDO	PESO (p)	FREQÜÊNCIA (F)	PESO TOTAL DE PRESC. (Pp)	OBSERVAÇÃO
3 - Referências normativas e bibliográficas	f5	2	8	16	Referências normativas – consulta
5.1 - Condições gerais	f8	6	1	6	Dispositivos de segurança: locais com controle de fumaça
5.3.1 - Barreira de fumaça	g4	5	1	5	Altura mínima para barreira de fumaça
	f9	6	1	6	Resistência à fumaça e gases para dutos
5.3.5 - Dutos	g9	5	1	5	Comprimento máximo dos ramais
	g2	3	1	3	Condições específicas para cálculo dos ramais

5.4 - Disposições gerais para extração natural	f7	6	1	6	Método de instalação dos exaustores naturais com distâncias máximas (item 5.4.3)
	g4	5	1	5	Distância mínima de posicionamento de aberturas
	g3	1	1	1	Método instalação de anteparo (item 5.4.5)
5.5 - Disposições gerais para extração mecânica	g3	1	1	1	Método instalação de anteparo (item 5.4.5)
	g10	3	1	3	Dados específicos para método de dimensionamento
5.6 - Parâmetros para dimensionamento a) Extração natural dos locais b) Extração mecânica	g4	5	1	5	Áreas máximas de acantonamento
	f4	6	1	6	Dimensões específicas para painéis de fumaça
	g4	5	1	5	Distâncias entre saídas
	f2	4	2	8	Método de cálculo para dimensionar a superfície útil das saídas e dutos
	f4	6	1	6	Área definida para abertura de extração mecânica nas áreas de acantonamento
	g10	3	1	3	Vazão mínima de extração da abertura
	f2	4	1	4	Método de dimensionamento para grandes áreas (item 5.6.1.2)
5.6.2 - Rotas de fuga horizontal	g3	1	1	1	Métodos de execução (3 formas) para controle de fumaça
5.6.2.2 - Extração natural; 5.3.2.3 - Extração mecânica	g4	5	2	10	Distâncias máximas para aberturas
	g7	5	2	10	Método de instalação das aberturas
5.6.2.4 - Controle sob pressão	g3	1	1	1	Especificação de formas de execução para o controle (onde e como)
5.6.3 - Subsolos	f2	4	1	4	Dimensionamento e área de acantonamento
	f8	6	1	6	Dispositivos de segurança (paredes e porta corta-fogo)
5.6.4 - Átrios	f4	6	1	6	Especifica dimensão para diâmetro do cilindro do átrio
5.6.4.2 - Átrios padronizados	f4	6	1	6	Especificação da dimensão para diâmetro do cilindro do átrio
	f3	2	1	2	Método de execução (isolamento)
5.6.4.3 - Métodos de controle de fumaça para átrios padronizados	g3	1	3	3	Método de execução dos sistemas de controle de fumaça
	g2	3	1	3	Alternativas de dimensionamento
5.6.5 - Espaços adjacentes aos átrios	g3	1	4	4	Construção de barreiras de fumaça
	g4	5	2	10	Distâncias máximas das aberturas e áreas máximas para controle de fumaça
Anexo G	f2	4	1	4	Método de cálculo (algébrico) para átrios não padronizados
F=48				Pp=164	

IT 18/01 – Iluminação de emergência (01 p.)					
ITEM DA NORMA	AÇÃO / COMANDO	PESO (p)	FREQÜÊNCIA (F)	PESO TOTAL DE PRESC. (Pp)	OBSERVAÇÃO
3 - Referências normativas e bibliográficas	f5	2	2	4	Referências normativas – consulta
5.6	g4	5	1	5	Distâncias máximas entre pontos de aclaramento
			F=6	Pp=9	
IT 19/01 – Sistemas de detecção e alarme de incêndio (02 p.)					
ITEM DA NORMA	AÇÃO / COMANDO	PESO (p)	FREQÜÊNCIA (F)	PESO TOTAL DE PRESC. (Pp)	OBSERVAÇÃO
3 - Referências normativas e bibliográficas	f5	2	1	2	Referências normativas – consulta
5.7	g4	5	1	5	Distâncias máximas a percorrer
5.13	f7	6	1	6	Instalação de detectores nos entreforos e entrepisos
			F=3	Pp=13	
IT 23/01 – Sistema de chuveiros automáticos (04 p.)					
ITEM DA NORMA	AÇÃO / COMANDO	PESO (p)	FREQÜÊNCIA (F)	PESO TOTAL DE PRESC. (Pp)	OBSERVAÇÃO
3 - Referências normativas e bibliográficas	f5	2	1	2	Referências normativas – consulta
5.4.1	g7	5	1	5	Instalação de chuveiro automático em determinados locais
5.7 e 5.8	g2	3	1	3	Método de cálculo: dimensionamento do sistema
			F=3	Pp=10	
IT 38/01 – Proteção contra incêndios em cozinhas industriais (04 p.)					
ITEM DA NORMA	AÇÃO / COMANDO	PESO (p)	FREQÜÊNCIA (F)	PESO TOTAL DE PRESC. (Pp)	OBSERVAÇÃO
3 - Referências normativas e bibliográficas	f5	2	18	36	Referências normativas – consulta
IT 38	f8	6	1	6	Especificação de proteção em cozinhas
5.3 - Saídas	g2	3	2	6	Método de dimensionamento para largura
	f4	6	1	6	Definição da largura
	f8	6	1	6	Obrigatoriedade de sistema de iluminação de emergência
5.5.4 - Requisitos de proteção ativa e passiva contra incêndio	g8	5	3	15	Tabela 2; Tipo de dispositivos de detecção para proteção ativa; Tipo de dispositivo de detecção para proteção passiva
			F=26	Pp=75	

ANEXO – RELAÇÃO DAS NORMAS DA ABNT/CB24 QUE SE ENCONTRAM ATUALMENTE EM VIGOR

(Dados referentes a janeiro de 2005; disponível em: <<http://www.abnt.org.br/cb24/>>)

NBR 5667/80 - Hidrantes urbanos de incêndio.

NBR 6125/92 - Chuveiro automático para extinção de incêndio.

NBR 6135/92 - Chuveiro automático para extinção de incêndio.

NBR 6479/92 - Portas e vedadores - Determinação da resistência ao fogo.

NBR 8222/83 - Execução de sistemas de proteção contra incêndio em transformadores e reatores de potência, por drenagem e agitação do óleo isolante.

NBR 8660/84 - Revestimento ao piso - Determinação da densidade crítica de fluxo de energia térmica.

NBR 8674/84 - Execução de sistemas fixos automáticos de proteção contra incêndio com água nebulizada para transformadores e reatores de potência.

NBR 9441/98 - Execução de sistemas de detecção e alarme de incêndio.

NBR 9442/86 - Materiais de construção - Determinação do índice de propagação superficial de chama pelo método do painel radiante.

NBR 9443/02 - Extintor de incêndio classe A - Ensaio de fogo em engradado de madeira.

NBR 9444/02 - Extintor de incêndio classe B - Ensaio de fogo em líquido inflamável.

NBR 9654/97 - Indicador de pressão para extintores de incêndio.

NBR 9695/03 - Pó para extinção de incêndio.

NBR 10636/89 - Paredes divisórias sem função estrutural - Determinação da resistência ao fogo.

NBR 10720/89 - Prevenção e proteção contra incêndio em instalações aeroportuárias.

NBR 10721/04 - Extintores de incêndio com carga de pó.

NBR 10897/90 - Proteção contra incêndio por chuveiro automático.

NBR 10898/99 - Sistema de iluminação de emergência.

NBR 11711/03 - Portas e vedadores corta-fogo com núcleo de madeira para isolamento de riscos em ambientes comerciais e industriais.

NBR 11715/03 - Extintores de incêndio com carga d'água.

NBR 11716/04 - Extintores de incêndio com carga de dióxido de carbono (gás carbônico).

NBR 11742/03 - Porta corta-fogo para saída de emergência.

NBR 11751/03 - Extintores de incêndio com carga para espuma mecânica.

NBR 11762/01 - Extintores de incêndio portáteis com carga de halogenado.

NBR 11785/97 - Barras antipânico – Requisitos.

NBR 11830/95 - Líquido gerador de espuma de película aquosa (AFFF) a 6% para uso aeronáutico.

NBR 11836/92 - Detectores automáticos de fumaça para proteção contra incêndio.

NBR 11861/98 - Mangueira de incêndio – Requisitos e métodos de ensaio

NBR 12232/92 - Execução de sistemas fixos automáticos de proteção contra incêndio com gás carbônico (CO₂) por inundação total para transformadores e reatores de potência contendo óleo isolante.

NBR 12252/92 - Tática de salvamento e combate a incêndios em aeroportos.

NBR 12285/92 - Proteção contra incêndio em depósitos de combustíveis de aviação.

NBR 12615/92 - Sistema de combate a incêndio por espuma.

NBR 12693/93 - Sistemas de proteção por extintores de incêndio.

NBR 12779/04 - Mangueiras de incêndio - Inspeção, manutenção e cuidados.

NBR 12962/98 - Inspeção, manutenção e recarga em extintores de incêndio.

NBR 12992/93 - Extintor de incêndio classe C - Ensaio de condutividade elétrica.

NBR 13231/94 - Proteção contra incêndio em subestações elétricas convencionais, atendidas e não atendidas, de sistemas e transmissão.

NBR 13434-1/04- Sinalização de segurança contra incêndio e pânico - Parte 1: Princípios de projeto.

NBR 13434-2/04- Sinalização de segurança contra incêndio e pânico - Parte 2: Símbolos e suas formas, dimensões e cores.

NBR 13436/95 - Líquido gerador de espuma de película aquosa (AFFF) a 3% para uso aeronáutico.

NBR 13485/99 - Manutenção de terceiro nível (vistoria) em extintores de incêndio.

NBR 13714/00 - Sistemas de hidrantes e de mangotinhos para combate a incêndio.

NBR 13768/97 - Acessórios destinados à porta corta-fogo para saída de emergência – Requisitos.

NBR 13792/97 - Proteção contra incêndio, por sistema de chuveiros automáticos, para áreas de armazenamento em geral.

NBR 13848/97 - Acionador manual para utilização em sistemas de detecção e alarme de incêndio.

NBR 13859/97 - Proteção contra incêndio em subestações elétricas de distribuição.

NBR 13860/97 - Glossário de termos relacionados com a segurança contra incêndio.

NBR 14023/97 - Registro de atividades de bombeiros.

NBR 14096/98 - Viaturas de combate a incêndio.

NBR 14100/98 - Proteção contra incêndio - Símbolos gráficos para projeto.

NBR 14276/99 - Programa de brigada de incêndio.

NBR 14277/99 - Campo para treinamento de combate a incêndio.

NBR 14323/99 - Dimensionamento de estruturas de aço de edifícios em situação de incêndio.

NBR 14349/99 - União para mangueira de incêndio - Requisitos e métodos de ensaio.

NBR 14432/01 - Exigências de resistência ao fogo de elementos construtivos de edificações.

NBR 14561/00 - Veículos para atendimento a emergências médicas e resgate.

NBR 14608/00 - Bombeiro profissional civil.

NBR 14870/02 - Esguichos de jato regulável para combate a incêndio.

NBR 14880/02 - Saídas de emergência em edifícios - Escadas de segurança - Controle de fumaça por pressurização.

NBR 14925/03 - Unidades envidraçadas resistentes ao fogo para uso em edificações.

NBR 15247/05 - Unidades de armazenagem segura - Salas-cofre e cofres para hardware - Classificação e métodos de ensaio de resistência ao fogo.