



ENTAC2006

A CONSTRUÇÃO DO FUTURO XI Encontro Nacional de Tecnologia no Ambiente Construído | 23 a 25 de agosto | Florianópolis/SC

Projeto de saídas de emergência em edificações – Uma análise crítica de parâmetros de dimensionamento em normas e regulamentações vigentes no Estado de São Paulo

Alfonso Antonio Gill (1); Marcos Vargas Valentin (2); Prof. Dra Rosaria Ono (3)

(1) Mestrando pela Faculdade de Arquitetura da Universidade de São Paulo - Departamento de Tecnologia, Brasil - aagill@uol.com.br

(2) Mestrando pela Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade de São Paulo – Departamento de Tecnologia, Brasil – valentinarg@yahoo.com.br

(3) Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade de São Paulo – Departamento de Tecnologia, Brasil – rosaria@usp.br

Rua do Iago, 876 – Faculdade de Arquitetura e Urbanismo/USP – Cidade Universitária – CEP 05508-080 – São Paulo – SP – Tel. +55 11 3091-4915.

Resumo

Este trabalho apresenta uma discussão sobre as normas e regulamentações de segurança contra incêndio no que tange o dimensionamento das saídas de emergência, incluindo uma análise crítica dos parâmetros legais adotados, com a finalidade de se obter condições aceitáveis de segurança nos espaços de circulação e saída das edificações. O objetivo deste trabalho é apresentar e discutir aspectos conflitantes ou mesmo deficientes em regulamentações e normas brasileiras vigentes no Estado de São Paulo, e refletir sobre algumas tendências para o futuro, como, por exemplo, a adoção de códigos baseados em desempenho e o uso de modelos matemáticos para o cálculo do abandono de edificações diante dos diferentes cenários possíveis.

Palavras-chave: saídas de emergência; modelos matemáticos, segurança contra incêndio.

1. Introdução

Os meios de circulação no interior de edificações podem ser analisados em duas circunstâncias distintas. A primeira, no seu uso diário e normal com o objetivo de permitir um fácil deslocamento das pessoas. A segunda, no seu uso pelos ocupantes para abandonar a edificação em caso de emergência como, por exemplo, em situação de incêndio.

Neste trabalho serão consideradas, principalmente, as situações de abandono em condições de incêndio.

As regulamentações e normas relativas à segurança contra incêndios vigentes no Estado de São Paulo, como o Código de Obras e Edificações do Município de São Paulo (COE) (São Paulo, 1992a) e (São Paulo, 1992b), o Decreto Estadual nº 46.076/2001 que estabelece o Regulamento de Segurança contra Incêndio das Edificações e Áreas de Risco (São Paulo, 2001) e suas respectivas instruções técnicas, a NR- 23 do Ministério do Trabalho (Brasil, 1978) e a norma brasileira NBR 9077 (ABNT, 1993), estabelecem alguns critérios básicos a fim de permitir um abandono seguro, e que merecem uma análise mais aprofundada.

Este trabalho tem por objetivo apontar aspectos conflitantes ou mesmo deficientes das regulamentações e normas brasileiras vigentes no Estado de São Paulo. Além disso, pretende discutir algumas tendências para o futuro, como, por exemplo, a adoção de códigos baseados em desempenho e o uso de modelos matemáticos, particularmente para o cálculo do abandono de edificações diante dos diferentes cenários possíveis.

2. Ocorrências com grande número de vítimas associadas ao problema de abandono

A Tabela 1 apresenta exemplos de tragédias mais recentes associadas ao problema do abandono da edificação.

Tabela 1 – Exemplos de grandes tragédias associadas ao problema do abandono da edificação.

Data	Local	Denominação / Uso	Vítimas	Fonte
Out./1998	Gotenburgo, Suécia	Discoteca	63 mortos	(Incendio en el Gothenburg, 2005)
Fev./2003	Chicago, EUA	E2/ Clube noturno	21 pessoas	(Shanon, 2003)
Fev./2003	Rhode Island, EUA	The Station / Clube noturno	100 pessoas	(Nicholson, 2005a)
Fev./2003	Hartford, EUA	Greenwood Health Center / Clínica de saúde	16 mortos	(Wolf, 2003)
Ago./2004	Assunção, Paraguai	Ycuá Bolaños / Supermercado	426 mortos e 50 feridos	(Álvarez e Moncada, 2004)
Dez./2004	Buenos Aires, Argentina	Cromagnón / Discoteca	93 mortos e 900 feridos	(Álvarez, 2005)
Jul./2005	San José, Costa Rica	Calderon Guardia/ Hospital	17 mortos	(Costa Rica hospital fire, 2005)

Os casos apresentados na Tabela 1 demonstram, de maneira sintética, mas real e trágica, as graves consequências de deficiências ou falhas nas medidas de proteção contra incêndio. Vários fatores contribuíram para que muitos destes incêndios tivessem grande número de vítimas, mas, confirmadamente, a falta de qualidade e de funcionalidade dos meios de escape desempenhou papel importante e decisivo em todas as situações.

3. Exigências regulamentares e normativas

Para a análise proposta neste trabalho, foram considerados os conteúdos do Código de Obras e Edificações do Município de São Paulo - COE (São Paulo, 1992a), da norma brasileira ABNT-NBR 9077/1993: *Saídas de Emergência em Edifícios* (ABNT, 1993) e da Norma Regulamentadora NR-23: *Proteção contra Incêndios* (Brasil, 1978). A Instrução Técnica nº 11 que trata de saídas de emergência e complementa o Decreto Estadual nº 46.076/2001 não será aqui analisado devido a sua similaridade à norma brasileira ABNT-NBR 9077/1993.

Dentre as condições que devem ser satisfeitas para que um procedimento de abandono seja bem sucedido, aquelas definidas como sendo básicas para o dimensionamento e a proteção das saídas de emergência, incorporadas ao edifício, são: largura das rotas de saída, distância de caminhada, meios de proteção passiva das rotas de saída e meios de proteção ativa das rotas de saída.

As normas e regulamentações analisadas procuram garantir que as pessoas fiquem expostas o mínimo tempo possível aos efeitos de um incêndio, estabelecendo, para tanto, as distâncias máximas de caminhada. Uma tabela comparativa (Tabela 2) apresenta as distâncias a percorrer definidas pelas normas e regulamentações em questão.

Para a definição das distâncias, o COE diferencia o tipo de ocupação e as condições construtivas das rotas de fuga (protegida ou não protegida) enquanto a NBR 9077 leva em consideração o tipo de ocupação da edificação, a compartimentação e a resistência da estrutura ao fogo. Já a NR 23 estabelece as distâncias de caminhada em função do risco, mas não deixa claro como tal risco deve ser avaliado. É possível, na Tabela 2, identificar os diferentes critérios e valores adotados para definir a distância a percorrer segura.

Por outro lado é necessário compreender que o tempo de abandono não se restringe a este tempo de caminhada e é constituído, na realidade, por uma somatória de parcelas de tempo de amplitudes variáveis. A norma BS 7974 (British Standards Institute, 2001) define esses tempos parciais, dividindo-os, a partir do momento do início do incêndio, em: a) tempo para detecção do incêndio; b) tempo para alarme do incêndio; c) tempo para reconhecimento da situação após o alarme; d) tempo para resposta ao alarme (ações que antecedem o abandono); e) tempo para o caminhada /deslocamento até um local seguro.

Tabela 2 – Extrato das distâncias a percorrer definidas nas normas e regulamentações consideradas

Norma ou Regulamentação	Exigências
COE	<ul style="list-style-type: none"> • 45m na horizontal de qualquer ponto da edificação até o exterior, sem chuveiros automáticos e 68 m, com chuveiros automáticos. • 25m na horizontal da saída da escada até o exterior, sem chuveiros automáticos, 38m com chuveiros automáticos e 45m no interior de corredor protegido. • 25 m na horizontal de qualquer ponto no andar até entrar na escada, 38 m com chuveiros automáticos e 45 m no interior de corredor protegido.
NBR 9077	<ul style="list-style-type: none"> • 10 a 40m para saída única sem chuveiros automáticos e 25 a 55m, com chuveiros automáticos, dependendo do tipo de ocupação e da construção. • 20 a 50m para mais de uma saída sem chuveiros automáticos e 35 a 65m, com chuveiros automáticos, dependendo do tipo de ocupação e da construção.
NR 23	<ul style="list-style-type: none"> • 15m para grande risco e 30m para pequeno e médio risco, podendo ser modificadas, para mais ou menos, a critério da autoridade competente, se houver instalações de chuveiros automáticos e segundo a natureza do risco.

A Figura 1 apresenta a composição do tempo de abandono. Este tempo deve ser sempre menor do que o tempo até que as condições ambientais se tornem perigosas para os ocupantes do recinto considerado. O tempo de abandono inclui:

- Tempo de detecção do incêndio – pode ser curto quando as pessoas estão despertas e no recinto em que iniciou o incêndio, ou longo se o incêndio ocorrer em sala distante das pessoas e não houver sistema de detecção automática de incêndio;
- Tempo de alarme – depende das ações realizadas pelas pessoas que tomaram conhecimento do incêndio ou das características dos sistemas de detecção e alarme;
- Tempo de reconhecimento – mesmo após o alarme, muitas pessoas podem querer se certificar da situação antes de decidir se abandonam o local;
- Tempo de resposta – algumas pessoas ainda podem executar certas tarefas antes de iniciarem o abandono. Estas tarefas podem ser de caráter pessoal ou tarefas necessárias referentes a algum tipo de processo produtivo. A soma do tempo de reconhecimento e de resposta é denominada de tempo de pré-movimento;
- Tempo de percurso – é aquele efetivamente gasto no deslocamento da saída. Inúmeros fatores influem neste tempo como o estado físico e mental das pessoas e a idade, entre outros. Este é o tempo que está relacionado às distancias de caminhada citadas nas normas e regulamentações.

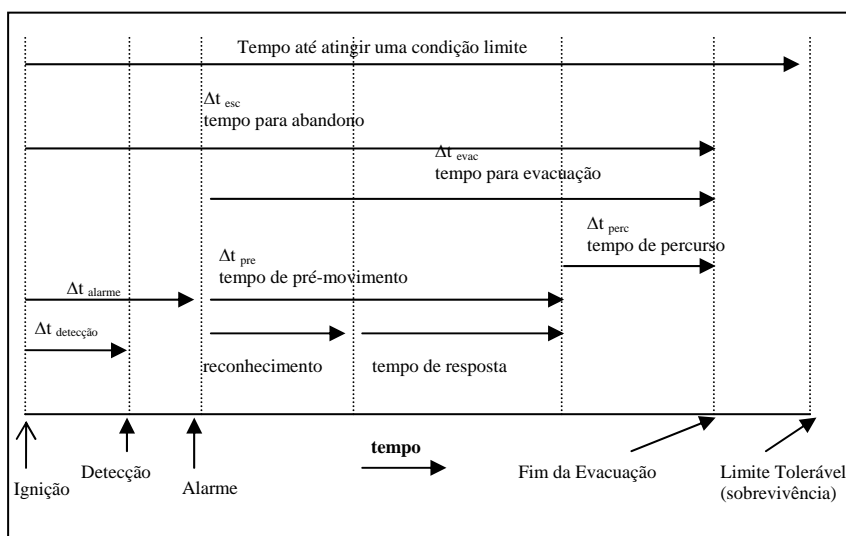


Figura 1 – Linha do tempo de um caso de incêndio - Fonte: British Standards Institute (2001).

Portanto, percebe-se que o tempo de escape ou abandono é a soma de cinco tempos parciais e a soma destes tempos deve ser menor do que o tempo em que as condições ambientais (gases tóxicos e calor) apresentem perigo à vida dos ocupantes da edificação, ou seja, menor que o tempo limite tolerável de sobrevivência.

O tempo de percurso é um dos componentes do tempo de escape e está relacionado à geometria da edificação e às condições físicas e mentais dos ocupantes. Todos os demais tempos estão relacionados a fatores como o tipo de incêndio (características da combustão), as formas de detecção do incêndio e a reação das pessoas à situação de emergência. Pode-se, portanto, ter duas situações de incêndio totalmente diferentes na mesma edificação, com a mesma distância de caminhamento e que conduzam a consequências bem distintas.

As normas e regulamentações em análise reconhecem somente a questão da geometria da edificação e o controle do fogo por meio de chuveiros automáticos como fatores decisivos no tempo de abandono, sem considerar outros fatores que podem ter até maior influência no tempo final de abandono. Além disso, também partem de algumas premissas que nem sempre se verificam em situações reais. Uma delas é a de que as saídas bem distribuídas serão usadas de modo equilibrado. No incêndio do clube “The Station”, em que morreram 100 pessoas, a maioria delas se dirigiu para uma única saída, embora houvesse outras disponíveis (Nicholson, 2005b). A outra premissa é de que a lotação prevista será sempre obedecida. Além de uma flutuação normal como, por exemplo, um maior afluxo de pessoas nos centros comerciais por ocasião do Natal, existe a superlotação propriamente dita de caráter irregular. Se, por um lado, o legislador não pode controlar todas as situações, por outro lado, não se sabe qual é a margem de segurança que a regulamentação ou a norma consideraram para a definição dos valores. Ocorrências como a da discoteca *Cromagnón* em 2004 (Álvarez, 2005), mostram que a lotação acima do permitida, associada a outros fatores, pode resultar em incêndios de consequências trágicas.

4. Perigos de incêndio

Um incêndio dentro de uma edificação cria um ambiente com vários perigos à saúde e à vida das pessoas. A fumaça dificulta a visão, prejudicando a orientação das pessoas, enquanto que os gases como CO₂, CO, HCN e a deficiência de oxigênio afetam sua saúde e seu comportamento. O calor provoca queimaduras e causa estresse térmico.

Uma pesquisa norte-americana realizada com 1014 pessoas (McGuire, 2005) indica que há uma falsa noção sobre o tempo disponível até que o ambiente se torne perigoso. Quarenta por cento (40%) das pessoas achavam que dispunham de até 6 minutos e 25%, de até 10 minutos. De um modo geral, o tempo disponível é de 2 minutos. Exposições de 5 minutos a concentrações de 150 a 200 ppm de HCN produzem incapacitação e de 250 a 400 ppm, a morte. Algumas estimativas indicam que a concentração letal na discoteca *Cromagnón* foi alcançada 15 minutos após o início do incêndio (Álvarez, 2005).

A proteção contra incêndio tradicionalmente é dividida em proteção ativa e passiva. Por proteção ativa entendam-se os meios de proteção que são acionados em resposta à emergência, como os equipamentos destinados a detectar, combater ou minimizar os efeitos do incêndio e as suas consequências. São exemplos deste tipo de proteção os extintores portáteis, os hidrantes, os chuveiros automáticos e os sistemas de exaustão mecânica de fumaça.

A proteção passiva, por outro lado, se compõe de medidas incorporadas à construção propriamente dita mantendo suas características independentemente da situação do ambiente, como por exemplo, a adequada resistência ao fogo da estrutura que visa evitar o colapso estrutural da edificação num incêndio. Do ponto de vista da garantia do escape das pessoas, o que mais interessa são características que impeçam ou dificultem a fácil propagação dos gases tóxicos e do calor que podem colocar em risco a vida das pessoas. As principais medidas construtivas que atingem esta finalidade são:

- a) Compartimentação: contenção do incêndio dentro de certas fronteiras, através de paredes, lajes e portas resistentes ao fogo, evitando que o calor e a fumaça se propaguem rapidamente pela edificação;

- b) Corredores protegidos: caso específico de compartimentação de rotas de fuga horizontais, que tem por objetivo garantir a proteção das pessoas durante o abandono;
- c) Escadas protegidas: caso específico de compartimentação de rotas de fuga verticais. Diferentes tipos de escadas protegidas podem ser exigidos, com ou sem antecâmara, em função do risco característico do tipo de ocupação. Para garantir as condições de sobrevivência no interior das escadas, evitando o acúmulo de fumaça, gases e calor, exige-se a instalação de dutos de ventilação natural (COE: um duto e NBR 9077: dois dutos) ou sistema de pressurização (COE e NBR 9077).

O objetivo da ventilação natural é a exaustão de gases tóxicos e da fumaça que possam ter penetrado nas antecâmaras das escadas e da pressurização é evitar que estes adentrem às rotas de fuga verticais. Simulações realizadas por Haddad(2003) e Ono; Vittorino (1998) têm demonstrado que a ventilação natural por um ou dois dutos apresentam desempenho distintos, e há, ainda, dúvidas sobre a sua eficácia, também apontada por Berto e Seito (1988). Portanto, são necessários mais estudos sobre a ventilação natural por dutos em antecâmaras de escadas protegidas, a fim de minimizar o risco às pessoas.

5. Tendências futuras

Uma edificação pode ter sua segurança contra incêndio garantida pelo atendimento de requisitos prescritivos ou daqueles baseados em desempenho. Os requisitos prescritivos estão muito presentes em normas e regulamentações e, principalmente, nos códigos de obras e edificações, que estabelecem valores e critérios freqüentemente definidos empiricamente, baseados em experiências anteriores. Desta forma, este tipo de requisito muitas vezes não possui fundamentação teórica e/ ou não permite a inovação tecnológica, uma vez que pode limitar os valores de dimensionamento e os tipos de materiais empregados.

Por outro lado, os requisitos baseados em desempenho definem claramente os objetivos básicos a serem atingidos, possibilitando que inúmeras soluções técnicas possam ser adotadas para atingir o mesmo fim, desde que sua efetividade seja devidamente comprovada. No caso da elaboração de projetos baseados em desempenho, é necessário que o projetista e a autoridade competente pela sua aprovação concordem, previamente, com a interpretação dos objetivos adotados num documento técnico como, por exemplo, o Código de Proteção da Vida dos EUA, conhecido como NFPA 101. Os objetivos do Código de Proteção da Vida, segundo Álvarez e Cvetreznik (2002), são:

- a) Proteção dos ocupantes: a edificação deve proteger os ocupantes que não estão em contato direto com o incêndio em seu início e durante o tempo necessário para o abandono;
- b) Integridade estrutural: deve ser mantida pelo tempo necessário para a evacuação ou refúgio;
- c) Efetividade dos sistemas: os sistemas de proteção devem minimizar aqueles riscos para os quais foram projetados.

Na área da Engenharia da Segurança contra Incêndio, assim como em qualquer outra área da Engenharia, o potencial de uso de modelos matemáticos para simulação de eventos e avaliação de suas conseqüências é muito grande. Tais modelos são largamente utilizados nos países onde se adotam códigos baseados em desempenho como parte das ferramentas para avaliação da efetividade de soluções técnicas inovadoras ou alternativas.

Dentre os principais tipos de modelos matemáticos na área da Engenharia da Segurança contra Incêndio estão: combustão, movimento de fumaça, desenvolvimento e propagação do incêndio e de movimentação de pessoas no abandono.

Ao considerar um abandono de emergência, as normas e regulamentações normalmente adotam como parâmetro uma população homogênea, que reage de modo padronizado e uniforme. Porém, pode existir, na realidade, uma gama considerável de variação no perfil e na reação das pessoas envolvidas numa emergência. Um estudo norte-americano indica que cerca de 20% da população tem algum tipo de incapacitação, seja auditiva, visual, física ou mental, que pode interferir no abandono seguro de um edifício (McGuire, 2005).

As normas e os regulamentos aqui analisados não fazem referência a esta variação das características da população, mas, se os valores adotados forem considerados conservadores, talvez venham a suprir tal deficiência. Contudo, métodos modernos, como aqueles onde se adotam modelos matemáticos, permitem considerar tais variações para dimensionamento dos meios de escape.

Kuligowski (2003) analisou 28 modelos de abandono de edificações, dos mais antigos aos mais recentes e verificou como tais modelos consideram aspectos como: fechamento de saídas; existência de obstáculos; incapacitações; condições do incêndio; efeitos dos gases que afetam o comportamento das pessoas; escolha de rotas de escape, etc. Os modelos foram classificados em dois grandes grupos, os de movimento e os de comportamento. Os primeiros são aqueles que consideram o movimento uniforme das pessoas de um local da edificação para um outro mais seguro, normalmente para o exterior e os principais resultados obtidos neste modelo são os tempos de abandono e os pontos de estrangulamento dos fluxos de pessoas. Os modelos de comportamento são considerados modelos de abandono mais sofisticados. Eles incorporam outros componentes, como o comportamento das pessoas e as decisões que elas tomam, adicionalmente ao movimento para um determinado local.

Cada vez mais, novos modelos de abandono são desenvolvidos, tornando-se importante ferramenta para a definição do dimensionamento dos meios de escape, especialmente nos casos de edificações mais complexas. Um dos softwares analisados por Kuligowski (2003) é o *Building Exodus*. Este modelo, de comportamento, considera quatro tipos de características referentes aos ocupantes, a saber: atributos físicos; atributos psicológicos; familiaridade com o local e, por último, os efeitos dos perigos do incêndio nas pessoas. Todos estes aspectos afetam a mobilidade das pessoas, determinando um tempo maior ou menor para se abandonar o local.

Quanto ao comportamento das pessoas, este programa considera duas situações. O comportamento global e local. O global está relacionado às estratégias gerais de abandono e o local, às situações específicas com que as pessoas podem se defrontar, como, por exemplo, aquela em que uma saída está sendo normalmente usada e, por uma razão qualquer, esta fica bloqueada, obrigando as pessoas a redefinir seu caminho de escape.

O *Building Exodus* não calcula as concentrações de gases tóxicos e outros efeitos decorrentes do incêndio, mas tais dados podem ser obtidos de outros programas e inseridos neste. Assim, é possível calcular qual será a influência dos gases tóxicos e do calor do incêndio na mobilidade das pessoas. Os gases considerados são: CO, CO₂, HCN, HCl, HBr, HF, SO₂, NO₂, Acroleína, Formaldeído, além da fumaça e da insuficiência de O₂.

6. Estudo de caso com *BuildingExodus*

Os modelos computacionais têm sido utilizados não só para a elaboração de projetos, mas também para a análise posterior de incêndios ocorridos. O National Institute of Standards and Technology (NIST) dos EUA procedeu a um estudo do incêndio do clube *The Station*, em que utilizou modelos computacionais para simular as condições de temperatura, com e sem sistemas de chuveiros automáticos e também as condições de abandono. A simulação de abandono indicou que se as pessoas tivessem utilizado as três saídas existentes e se elas tivessem as dimensões legais, o tempo de abandono teria sido de 2,5 minutos. Com 90 % dos ocupantes se dirigindo para a saída principal, situação similar ao ocorrido no incidente, o tempo de abandono seria superior a 4 minutos (Nicholson, 2005).

O *Building Exodus*, desenvolvido na Universidade de Greenwich (Inglaterra), é um modelo que apresenta muitos recursos e permite fazer simulações bem próximas à realidade. Entretanto, é necessário comparar os resultados das simulações com os de exercícios de abandono real, realizados em edificações dentro das nossas condições, para que se possa afirmar em que grau o modelo adere à realidade brasileira. De qualquer modo, operar um modelo como este permite vislumbrar, com muito mais clareza, os diferentes cenários que podem ocorrer em uma situação de abandono de emergência de uma edificação e antecipar possíveis problemas futuros.

A seguir, apresentam-se resultados obtidos através da simulação do abandono de uma edificação escolar hipotética com o *Building Exodus*, utilizando-se os valores do dimensionamento definidos na

norma brasileira NBR 9077 e introduzindo algumas variáveis relativas ao comportamento dos ocupantes, a fim de demonstrar as diferenças significativas nos tempos resultantes de abandono.

Adotou-se, para tal estudo, a planta de área total de 1.046 m², ilustrada na Figura 2, com a distribuição de uma população de 503 pessoas, calculada conforme a referida norma e os dados que classificam a edificação em estudo, apresentados nas Tabelas 3 e 4.

Considerou-se um edifício com os seguintes dados da população para a simulação: alunos entre 17 e 24 anos; funcionários entre 17 e 56 anos; velocidade de caminamento entre 1,08 e 1,35 m/s; peso das pessoas entre 40,05 e 89,90kg; altura das pessoas entre 1,50 e 2,00m; tempo de resposta entre 0,00 e 29,99 segundos; e fator de mobilidade igual a 1 (100%).

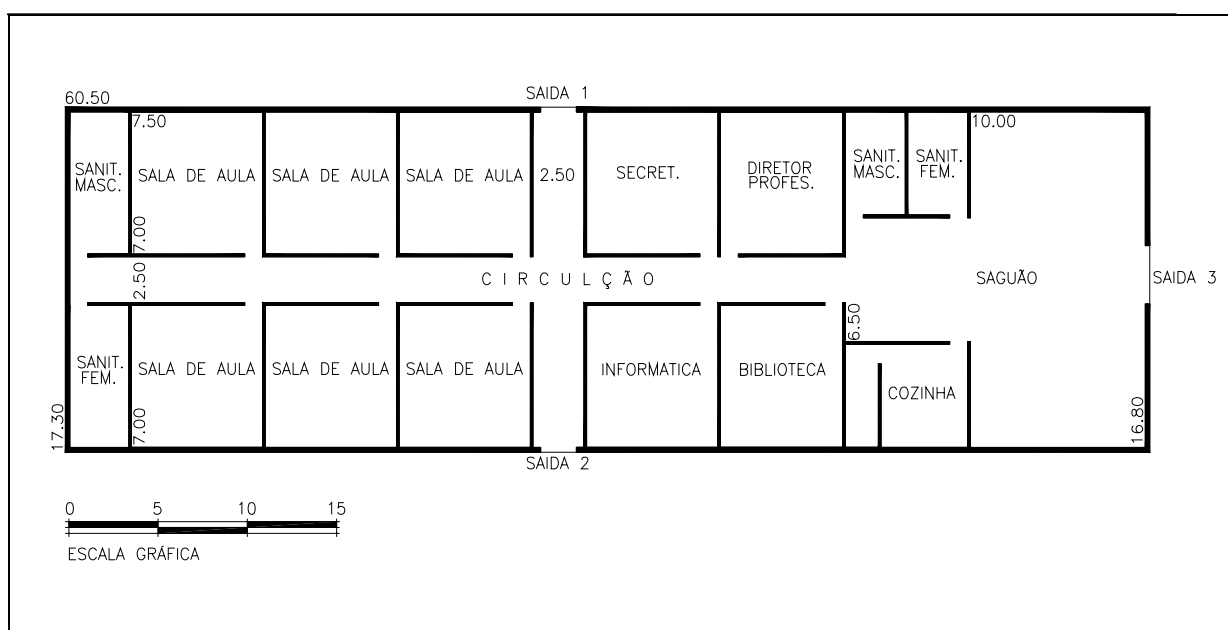


Figura 2 – Exemplo de planta adotada para simulação.

Tabela 3 – Classificação do edifício simulado conforme a NBR 9077.

Tipos de Classificação	Classificação do Edifício
Ocupação	E-1: Escolas em geral
Altura	K: Edificação térrea
Dimensões em planta	Q: Área de pavimento igual ou superior a 750m ²
Características construtivas	Z: Edificação com estrutura resistente ao fogo e compartimentação vertical.

Tabela 4 - Dados para dimensionamento das saídas.

Tipo de Dado	Parâmetros de dimensionamento
Cálculo da população	1,50 m ² / pessoa (salas de aula) 15 m ² / pessoa (administrativo)
Capacidade da unidade de passagem	100 para acessos e descargas e 100 para portas.
Distâncias máximas a serem percorridas	30 metros para saída única e 40 metros para mais de uma saída, sem chuveiros automáticos.
Número mínimo de saídas	Mínimo de 2 saídas.

Adotando-se o critério de dimensionamento da norma NBR 9077 para o cálculo do número de unidades de passagem, obtém-se 6,0 unidades de passagem de 0,55m de largura, porém, a norma não

deixa claro se o número de unidades de passagem obtido através do cálculo é para cada saída ou pode ser dividido em tantas saídas quanto existirem. As duas situações foram simuladas.

Na Tabela 5 a seguir, são apresentadas as condições adotadas para as saídas nas simulações realizadas e os respectivos resultados obtidos.

Tabela 5 – Condições de simulação das saídas e respectivos resultados

Condições das saídas adotadas nas simulações	Resultados: Tempo de percurso
Simulação 1: 3 saídas com 2 unidades de passagem cada.	Tempo da primeira pessoa a sair: 5,19 s Tempo da última pessoa a sair: 159,92 s
Simulação 2: 2 saídas com três 3 unidades de passagem cada (saídas 1 e 3 da Figura 2).	Tempo da primeira pessoa a sair: 13,28 s Tempo da última pessoa a sair: 226,25 s
Simulação 3: 3 saídas com 6 unidades de passagem cada (saídas 1, 2 e 3 da Figura 2).	Tempo da primeira pessoa a sair: 4,48 s Tempo da última pessoa a sair: 72,42 s
Simulação 4: 2 saídas com 6 unidades de passagem cada (saídas 1 e 3 da Figura 2).	Tempo da primeira pessoa a sair: 5,19 s Tempo da última pessoa a sair: 307,56 s
Simulação 5: 2 saídas com 6 unidades de passagem cada (saídas 1 e 2 da Figura 2).	Tempo da primeira pessoa a sair: 12,98 s Tempo da última pessoa a sair: 95,59 s

Embora todas as simulações estejam atendendo à NBR 9077, existem grandes diferenças entre os valores obtidos, e a diferença entre os dois extremos (pior e melhor situação) é de 235,14 segundos, ou seja, aproximadamente 4 minutos. Em caso de incêndio, esta diferença pode ser fatal, dependendo de sua severidade e do tipo de material envolvido na combustão.

Nas simulações 4 e 5, foram adotadas 6 unidades de passagem para cada uma das duas saídas e os resultados apresentaram diferenças significativas. A diferença entre os últimos tempos é de 211,97 segundos, ou seja, aproximadamente 3,5 minutos, verificando-se assim que, embora atendendo a exigência da norma, foram outros fatores que influenciaram nos resultados.

É importante destacar que se torna necessária a realização de exercícios simulados em edifícios e populações reais para que se possa comparar estes resultados com as situações mais próximas das reais, ainda que não introduzindo o perigo do incêndio para a validação deste modelo.

7. Gerenciamento

A análise de incêndios ocorridos mostra que, mesmo atendendo às normas e regulamentações vigentes de segurança contra incêndio, podem ocorrer graves acidentes. Uma das causas destes é a falta de um gerenciamento adequado da segurança contra incêndio ao longo da vida útil do edifício, o que normalmente não consta como requisito em normas. Sem a compreensão dos objetivos das medidas de segurança contra incêndio e da necessidade de manutenção das mesmas, o tempo e os esforços gastos no seu planejamento e implantação terão sido inúteis. A superlotação e o trancamento indevido de saídas de emergências são exemplos típicos de falta de gerenciamento. As falhas consequentes simplesmente anulam qualquer sistema de segurança previsto, como pôde ser visto nos casos dos incêndios dos clubes *The Station* (Nicholson, 2005a), *Cromagnón* (Álvarez, 2005) e do supermercado *Ycuá Bolaños* (Álvarez e Moncada, 2004).

Malhotra (1987) destaca que o objetivo do gerenciamento da segurança é garantir que, em caso de incêndio, todas as medidas de segurança existentes estejam em condições de funcionamento, os ocupantes tenham condições de utilizá-los e sejam devidamente orientados para deixar o local de risco.

Há a necessidade de que a legislação exija claramente um sistema de gestão da segurança contra incêndio para garantir o planejamento e funcionamento adequado das medidas de segurança contra incêndio. As normas regulamentadoras (NRs) do Ministério do Trabalho e do Emprego (Brasil, 1978) já estão caminhando na direção da utilização dos sistemas de gestão. São exemplos disto a NR 9 - *Programa de Prevenção dos Riscos Ambientais* e a NR 10 - *Segurança em instalações e em serviços*

de eletricidade. Há estudos para que a NR 23 – *Proteção contra incêndios* também passe a adotar a mesma filosofia, de sistemas de gestão.

8. Conclusões

As normas e regulamentações analisadas (NR 23, NBR 9077 e Código de Obras e Edificação do Município de São Paulo) tratam a questão dos meios de escape com critérios, abrangência e detalhamentos diferentes, dificultando a compatibilização de um projeto de atenda a todas, pois resultam em dimensionamentos e medidas de proteção com graus de efetividade distintos e discutíveis entre si.

As normas em questão são antigas e não consideram a evolução dos conhecimentos ocorrida nos últimos anos, como o uso de princípios de engenharia de incêndio e os modelos matemáticos para o cálculo da evolução e propagação do incêndio, do tempo de abandono e do comportamento das pessoas em situação de incêndio.

As normas e regulamentações também não levam em conta a influência de todos os sistemas de segurança contra incêndio inseridos nos edifícios, como os de detecção e alarme, de exaustão de fumaça, além dos planos de emergência e das brigadas de bombeiro entre outros, para uma avaliação global da segurança do edifício e de seus ocupantes.

Assim, verifica-se a necessidade de uma revisão nas atuais exigências vigentes aqui analisadas, revendo os requisitos prescritivos, que, sem dúvida, continuarão a ser empregados, mas também abrindo espaço para soluções alternativas, tecnicamente bem embasadas e que se utilizem dos princípios da engenharia de segurança contra incêndio.

Agradecimentos

Os autores agradecem especialmente ao apoio do *Centro Brasileiro da Construção em Aço – CBCA*, que permitiu a aquisição da licença de uso do *Building Exodus* para o desenvolvimento dos estudos na Universidade de São Paulo.

Referências Bibliográficas

ÁLVAREZ E., CVETREZNIK, F. Projetos baseados em desempenho, *NFPA Journal Latinoamericano*, Quincy, vol. 1, nº 6, pg.65-67, 2002.

ÁLVAREZ, E. Incêndio na discoteca Cromagnón. *NFPA Journal Latinoamericano*, Quincy, n 2, pg.54-58, 2005

ÁLVAREZ, E., MONCADA, J. A..O incêndio do supermercado Ycuá Bolaños. *NFPA Journal Latinoamericano*, Quincy, pg. 54-57, nº 3, 2004.

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

BERTO, A.F.; SEITO, A.I. Fumaça no incêndio – Escadas de segurança. **A Construção**, São Paulo, nº 2.015, 1986

BRASIL. **Normas Regulamentadoras de Segurança e Saúde do Trabalho**, Ministério do Trabalho e Emprego, D.O.U. de 08/06/1978.

BRITISH STANDARDS INSTITUTION. **Fire safety engineering in buildings. Part 1. Guide to application of the fire safety engineering principles** (BS 7974), London, 2001.

COSTA RICA hospital fire kills 18. Disponível em: <http://news.bbc.co.uk/1/hi/americas/465479.stm> (Acesso em 20/07/2005).

GALEA, E.R. et al. Building EXODUS V4.0 - User guide and technical manual, University of Greenwich, London, 2004.

HADDAD, W. Aplicação da técnica de simulação de grandes escalas de turbulência para avaliação da eficiência de dutos de exaustão natural de fumaça em edifícios, 2003, 115 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica) Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2003.

INCENDIO en el Gothenburg. Disponível em < <http://www.nfpa.org/assets/files/PDF/OS%20-20%IncendioGothenburg.pdf> >. Acesso em 10 julho 2005.

KULIGOWSKI, E.D. **The Evaluation of a performance-based design process for a hotel building: The comparison of two egress models**, Department of Fire Protection Engineering, University of Maryland, College Park, in fulfillment of the requirements for the degree of M.S., December 2003.

MALHOTRA, H. L. **Fire safety in buildings**. Building Research Establishment Report, Department of the Environment, Building Research Establishment, Fire Research Station, Borehamwood, 1987.

McGUIRE, K. Great escape. *NFPA Journal*, Quincy, vol 99, nº 2, p. 54 – 59, March/April 2005.

NICHOLSON, J. 5000 + 101. *NFPA Journal*, Quincy, vol 99, nº 2, p.61-65, March/ April 2005b.

NICHOLSON, J. The proactive approach. *NFPA Journal*, Quincy, vol 99, nº 3, p.44-49, May/ June 2005a.

ONO, R.; VITTORINO, F. Sistemas de escadas em edifícios altos – avaliação de sua estanqueidade à fumaça em situação de incêndio. In: **NUTAU'98 – Seminário Internacional em Arquitetura e Urbanismo: Tecnologias para o Século XXI**, 1998, São Paulo: Núcleo de Pesquisa em Tecnologia da Arquitetura e do Urbanismo, 1998 (em CD-ROM).

SÃO PAULO (Estado). **Decreto Estadual n. 46.076/2001 de 31 de agosto de 2001**. Regulamento de segurança contra incêndio das edificações e áreas de risco para os fins da Lei n.684 de 30 de setembro de 1975 e estabelece outras providências, 2001.

SÃO PAULO (Município). **Lei Municipal n.11.228 de 25 de Junho de 1992**. Estabelece o Código de Obras e Edificações e dá outras providências, 1992a.

SÃO PAULO (Município). **Decreto Municipal n.32.329 de 23 de Setembro de 1992**. Complementa o Código de Obras e Edificações e dá outras providências, 1992b.

SHANON, J. The challenge recent tragedies presents. *NFPA Journal*, Quincy, vol 97, nº , p.6, May/June 2003.

THE STATION nightclub fire investigation status report. Disponível em: <http://wtc.nist.gov/media/StationNightclubStatus.pdf> >. Acesso em 8 julho 2005.

WOLF, A. Behind closed doors. *NFPA Journal*, vol 7 nº 3, p. 80 -84, May/ June 2003.