

Modelagem computacional de incêndio

Leonardo Cunha¹; Aldomar Pedrini², Edna Moura³.

Contato: leonardo_cunha83@yahoo.com.br

Linha de pesquisa: Projeto de Arquitetura

INTRODUÇÃO

A segurança contra incêndio [SCI] em arquitetura é o resultado do conjunto de soluções projetuais voltadas para a redução do risco de incêndio e diminuição de suas consequências. Assim como os demais aspectos do projeto, defende-se que a SCI deve ser considerada, principalmente, nas fases iniciais do processo projetual, pois é nesta etapa onde a opção por soluções acertadas apresenta o maior benefício para os ocupantes da futura edificação.

Os princípios de SCI classificam-se em medidas de prevenção e de proteção, que por sua vez podem ser do tipo ativa ou passiva. As medidas passivas de prevenção tendem a ser as mais adequadas e de menor custo. Todavia, tanto as medidas passivas quanto as ativas devem apresentar o desempenho desejado em uma situação de incêndio. Caso contrário, não estarão cumprindo sua função de prevenção ou proteção (ONO, 2010).

O arquiteto exerce um papel preponderante na definição das medidas de SCI a serem adotadas no projeto de edificações, principalmente nas de caráter passivo, ou seja, àquelas incorporadas a construção da edificação que possuem, mantêm e exercem suas características permanentemente. Porém, a prática revela a pouca ou nenhuma preocupação dos projetistas com a SCI no desenvolvimento do projeto. Normalmente esta questão é relegada às fases finais do processo projetual, sendo visto como apenas mais um item a ser atendido para fins de aprovação legal ou burocrática para a construção da edificação ou obtenção do 'Habite-se'.

Os projetistas tidos como sensíveis à causa tendem a aplicar as regulamentações prescritivas sem avaliar sua real eficácia, o que gera problemas de compatibilidade com as questões estéticas ou funcionais. Portanto, torna-se claro a necessidade de análise das alternativas que permeiam todo o processo projetual para verificar a

o desempenho de cada uma delas e, assim, selecionar as mais eficientes. De acordo com Ono, (2011) há uma tendência mundial em seguir recomendações com base no desempenho. Portanto, a avaliação da eficácia dos códigos prescritivos tradicionais torna-se imprescindível no contexto atual.

OBJETIVOS

Apresentar a simulação computacional como uma ferramenta aplicável desde as primeiras etapas do processo projetual, com o objetivo de avaliar o desempenho das alternativas pertinentes a cada etapa

METODO

Por se tratar de um trabalho de exposição de uma ferramenta com potencial de incorporação ao desenvolvimento do projeto arquitetônico, o método consiste na apresentação do *software*, das etapas da simulação, dos dados de saída e as considerações finais. Para tanto, foi feito um resumo da revisão bibliográfica a ser utilizada ao longo da pesquisa, com o objetivo de levantar o estado da arte sobre o tema, seguido da elaboração de modelos representativos para a simulação e obtenção de resultados preliminares. Vale salientar que a pesquisa encontra-se em estado inicial e que os modelos apresentados foram simplificados com o objetivo de conhecer o funcionamento e explorar as potencialidades do *software*.

DESENVOLVIMENTO

O projeto de arquitetura quando bem elaborado representa papel importante como medida preventiva e de proteção passiva em uma edificação. (ALVES; CAMPOS e BRAGA, 2008). Contudo, os ensaios de incêndio em modelos na escala real não são compatíveis com o processo projetual, por se tratar de uma situação



perigosa, dispendiosa e específica. É inconcebível elaborar modelos reais, ou até mesmo em escala reduzida, durante o desenvolvimento de um projeto para avaliar o desempenho da SCI de uma determinada solução espacial, formal ou estética. Por isto mesmo as prescrições costumam ser criadas ou revisadas após uma situação de sinistro, onde se busca evitar nos futuros projetos as falhas observadas na edificação incendiada.

O arquiteto, geralmente pouco familiarizado com o tema, tende a aceitar integralmente as alterações projetuais propostas por um especialista e, em muitos casos, passa a repeti-las nos projetos posteriores. Cria-se, então, um círculo vicioso no qual medidas criadas empiricamente são replicadas em vários projetos, sem distinção, com o objetivo de agilizar o processo de aprovação junto aos órgãos competentes. O resultado disto é que medidas criadas ou revisadas com base em casos específicos são aplicadas em projetos de naturezas diversas, sem o devido cuidado no ajuste da escala, da tipologia e dos usuários envolvidos.

Por outro lado, descartar totalmente as prerrogativas propostas nas normas e na bibliografia, mesmo que tenham origem empírica, sem avaliar seu potencial é uma atitude mais equivocada do que apenas acatá-las. É necessário, portanto, avaliar o desempenho das medidas passivas de segurança contra incêndio por meio de uma ferramenta compatível com a atividade projetual. A simulação computacional encaixa-se adequadamente para tal propósito, pois permite a análise de múltiplas alternativas dentro de um escritório ou em sala de aula, sem os riscos e custos inerentes a um ensaio com modelos reais.

Simulação computacional

A simulação computacional vem demonstrando ser uma ferramenta que pode ajudar o arquiteto a avaliar o desempenho das soluções que ele terá que propor durante o desenvolvimento do projeto. A simulação de incêndio pode, inclusive, ajudar a definir os materiais que serão utilizados conforme sua resistência ao fogo e propagação de fumaça. (ALVES; CAMPOS e BRAGA, 2008).

Os programas de simulação normalmente permitem a visualização gráfica da evolução de um incêndio de acordo com os dados de entrada. Porém, em razão da complexidade e do grande número de variáveis, o fenômeno é tratado de forma simplificada (SCHEER E BARANOSKI, 2007).

No Brasil, a utilização de simuladores de incêndio no desenvolvimento de projetos de arquitetura e de prevenção de incêndio ainda é muito restrita (SCHEER e BARANOSKI, 2007). A utilização destes programas exige dos usuários um conhecimento prévio do comportamento do fogo e das características físico-químicas dos materiais aplicados na construção das edificações. A dificuldade de obtenção de alguns parâmetros de entrada requeridos para a simulação dos incêndios também se configura como uma barreira para a utilização destes *softwares*. Logo, a maioria dos estudos realizados restringe-se ao meio acadêmico.

Fire Dynamics Simulator - FDS

Dentre os *softwares* conhecidos para simular o incêndio, um dos mais utilizados devido à sua precisão é o *Fire Dynamics Simulator - FDS*, desenvolvido pelo *National Institute of Standards and Technology - NIST*. O FDS permite simular incêndio em edificações com múltiplos compartimentos. Ele resolve numericamente uma forma das equações de Navier-Stokes apropriada para baixa velocidade, com fluxo termicamente dirigido e com ênfase no transporte de calor e fumaça dos incêndios. O programa fornece a altura da camada quente, temperatura da camada, evolução das chamas, formação e movimentação da fumaça e a taxa de oxigênio do ambiente.

Para a simulação, são necessários dados de entrada, que são parâmetros inseridos pelo usuário e interpretados pelo FDS para a construção do cenário e das propriedades físico-químicas dos materiais analisados (MARIANI. e SILVA, 2011). Todos estes parâmetros devem ser descritos pelo usuário num arquivo de texto. As informações inseridas dizem respeito aos limites físicos do cenário, ao número de células da área física virtual, as propriedades dos materiais, as condições de combustão, as condições do ambiente, a geometria das construções e as informações de saída.

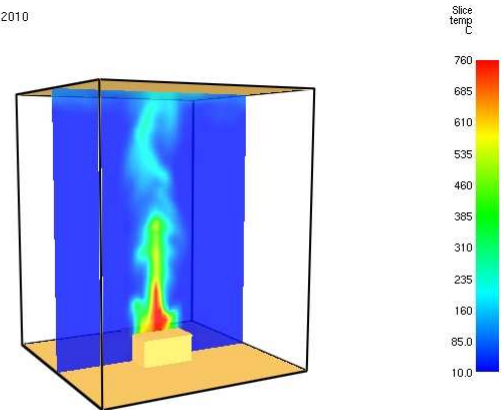
A área física virtual, ou grade numérica, consiste na divisão do cenário físico em diversas células tridimensionais de igual dimensão. Os objetos e construções inseridos no arquivo de entrada são descritos na forma de blocos retangulares tridimensionais e devem possuir tamanho mínimo de uma célula, sob o risco de não serem interpretados corretamente pelo aplicativo.



```
room.fds - Bloco de notas
Arquivo Editar Formatar Exibir Ajuda
&HEAD CHID='room', TITLE='room fire model' /
&MESH IJK=40,40,50, XB=0,4,0,4,0,5 /
&TIME T_END=500. /
&OBST XB=1.5,2.5,1.5,2.5,0,0.5 /
&SURF ID='fire', HRRPUA=500 /
&VENT XB=1.5,2.5,1.5,2.5,0.5,0.5, SURF_ID='fire' /
&VENT MB='XMIN', SURF_ID='OPEN' /
&VENT MB='XMAX', SURF_ID='OPEN' /
&VENT MB='YMIN', SURF_ID='OPEN' /
&VENT MB='YMAX', SURF_ID='OPEN' /
&SLCF PBX=2.0, QUANTITY='TEMPERATURE' /
&SLCF PBY=2.0, QUANTITY='TEMPERATURE' /
&BNDF QUANTITY='WALL TEMPERATURE' /
&BNDF QUANTITY='NET HEAT FLUX' /
&BNDF QUANTITY='RADIATIVE HEAT FLUX' /
```

Figura 1 - Arquivo de texto com dados de entrada.

Smokeyview 5.6 - Oct 29 2010

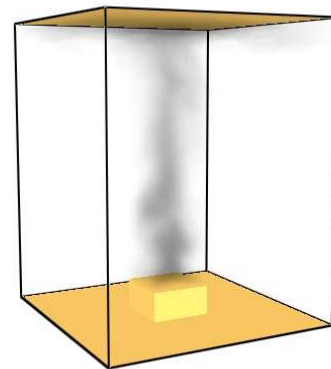


Frame: 10

0:00:05.0

Figura 3 – Saída gráfica com isotermas – Caso 01.

Smokeyview 5.6 - Oct 29 2010

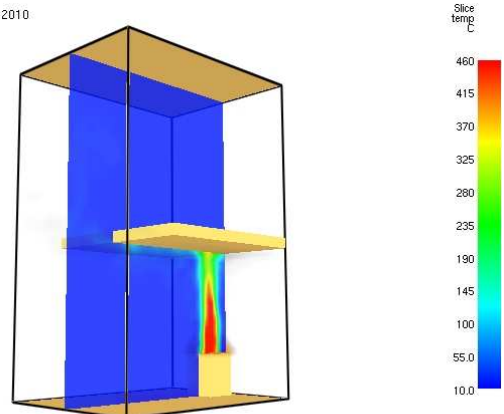


Frame: 11

0:00:05.5

Figura 4 – Saída gráfica com fluxo da fumaça – Caso 01.

Smokeyview 5.6 - Oct 29 2010



Frame: 182

Time: 11.7

Figura 5 – Saída gráfica com isotermas – Caso 02.

Após a fase de modelagem, ocorre a simulação propriamente dita, cujo tempo de processamento varia de acordo com a quantidade de elementos inseridos, a precisão exigida dos resultados e a dimensão do domínio.

```
3D smoke/fire time=0.00 compression ratio: 338.1
3D smoke/fire time=0.50 compression ratio: 322.9
3D smoke/fire time=1.00 compression ratio: 283.7
3D smoke/fire time=1.50 compression ratio: 96.9
3D smoke/fire time=2.00 compression ratio: 54.4
3D smoke/fire time=2.50 compression ratio: 34.2
3D smoke/fire time=3.00 compression ratio: 25.4
3D smoke/fire time=3.50 compression ratio: 25.8
3D smoke/fire time=4.00 compression ratio: 27.8
3D smoke/fire time=4.50 compression ratio: 29.8
3D smoke/fire time=5.00 compression ratio: 29.5
3D smoke/fire time=5.50 compression ratio: 31.8
3D smoke/fire time=6.00 compression ratio: 30.5
3D smoke/fire time=6.50 compression ratio: 29.7
3D smoke/fire time=7.00 compression ratio: 30.4
3D smoke/fire time=7.50 compression ratio: 28.8
3D smoke/fire time=8.00 compression ratio: 30.2
3D smoke/fire time=8.50 compression ratio: 29.3
3D smoke/fire time=9.00 compression ratio: 28.2
3D smoke/fire time=9.50 compression ratio: 28.9
3D smoke/fire time=10.00 compression ratio: 30.0
0.2 MB loaded in 0.03 s - rate: 59.6 Mb/s (overhead: 0.01 s)

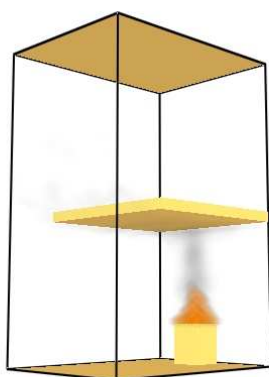
3D smoke/fire time=0.00 compression ratio: 338.1
3D smoke/fire time=0.50 compression ratio: 322.9
3D smoke/fire time=1.00 compression ratio: 283.7
3D smoke/fire time=1.50 compression ratio: 96.9
3D smoke/fire time=2.00 compression ratio: 54.4
3D smoke/fire time=2.50 compression ratio: 34.2
3D smoke/fire time=3.00 compression ratio: 25.4
3D smoke/fire time=3.50 compression ratio: 25.8
3D smoke/fire time=4.00 compression ratio: 27.8
3D smoke/fire time=4.50 compression ratio: 29.8
3D smoke/fire time=5.00 compression ratio: 29.5
3D smoke/fire time=5.50 compression ratio: 31.8
3D smoke/fire time=6.00 compression ratio: 30.5
3D smoke/fire time=6.50 compression ratio: 29.7
3D smoke/fire time=7.00 compression ratio: 30.4
3D smoke/fire time=7.50 compression ratio: 28.8
3D smoke/fire time=8.00 compression ratio: 30.2
3D smoke/fire time=8.50 compression ratio: 29.3
3D smoke/fire time=9.00 compression ratio: 28.2
3D smoke/fire time=9.50 compression ratio: 28.9
3D smoke/fire time=10.00 compression ratio: 30.0
0.2 MB loaded in 0.02 s - rate: 73.1 Mb/s (overhead: 0.01 s)
```

Figura 2 - Simulação em curso.

Os dados de saída do FDS podem ser gerados sob vários formatos. Usualmente são gerados arquivos de texto, onde os dados são separados por vírgulas (extensão CSV), arquivo facilmente visualizável em qualquer editor de planilha ou texto. Outra forma de saída de dados é a visualização gráfica, sendo que, para isto, o aplicativo *Smokeyview*, o qual faz parte do pacote de instalação do FDS, é o utilizado. O arquivo de saída para o *software Smokeyview* possui a extensão SMV.



Smokeview 5.6 - Oct 29 2010

Frame: 87
Time: 8.7

>200 (kW/m3)

Figura 6 – Saída gráfica com fluxo da fumaça -- Caso 02.

Smokeview 5.6 - Oct 29 2010

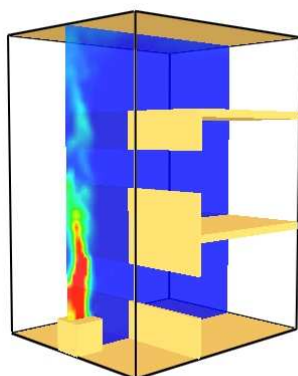
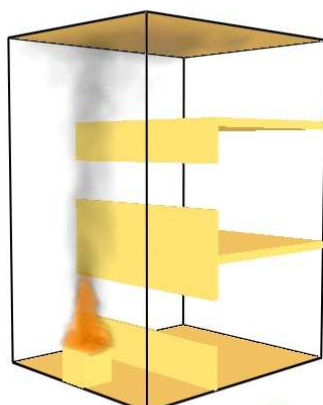

 Slice
temp
665
600
535
470
405
340
275
210
145
80.0
15.0
Frame: 688
Time: 34.45

Figura 7 – Saída gráfica com isotermas – Caso 03.

Smokeview 5.6 - Oct 29 2010

Frame: 102
Time: 5.15

>200 (kW/m3)

Figura 8 – Saída gráfica com fluxo da fumaça -- Caso 03.

Cabe salientar que ambos os programas são gratuitos e livres, permitindo sua adaptação à realidade brasileira, inserindo padrões de materiais para construção adequados ao local onde o edifício será implantado.

Além disso, existem aplicações produzidas por terceiros para facilitar a entrada de dados no FDS e a importação de arquivos de CAD.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A utilização de *softwares* de CFD ainda envolve elevado grau de complexidade, pois além das etapas de aprendizagem, testes preliminares, seleção das variáveis e validação, é necessário conhecer também os preceitos que regem o fenômeno físico em questão. O tempo para realizar uma simulação e a facilidade de operação também são fatores determinantes na utilização voluntária de qualquer *software*, principalmente nas fases iniciais de projeto onde são várias as alternativas possíveis. A interatividade, fruto de uma interface amigável, e a compreensão das variáveis envolvidas são fatores positivos na aceitação ampla utilização de um *software*. Em ambos os aspectos, o FSD tem se mostrado incipiente. Pesa contra o FDS a ausência de uma interface amigável e gráfica para a entrada de dados, coerente com a prática projetual.

A inserção de dados por meio de arquivo de texto praticamente inviabiliza a comparação em tempo real de alterações no modelo original, pois qualquer intervenção implica em retornar ao início do processo. Apesar da incipiência da pesquisa, percebe-se que há aspectos de ordem prática a serem trabalhados e melhorados para que a simulação de incêndio seja introduzida no processo projetual com maior naturalidade. A interface e o método de inserção de dados do FDS desestimulam sua aproximação junto aos projetistas, afastando-o das fases iniciais. Logo, a simulação computacional tende a ficar relegada ao papel de mero verificador do desempenho, ao final do processo, das soluções adotadas.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALVES, Alessandra B. C. G.; CAMPOS, André T. ; BRAGA, George C. B. **Simulação Computacional de Incêndio Aplicada ao Projeto de Arquitetura**. In: NUTAU (Núcleo de Pesquisa em Tecnologia da Arquitetura e Urbanismo da Universidade de São Paulo) 2008 - ESPAÇO SUSTENTÁVEL – INOVAÇÕES EM EDIFÍCIOS E CIDADES. Disponível em: <http://www.usp.br/nutau/CD/71%20196.pdf>.

MARIANI, Leandro M. e SILVA, Luiz Carlos da. **Aplicação do programa fire dynamics simulator em simulação de incêndio estrutural**. In: 1º Congresso Ibero-Latino-Americano sobre Segurança contra Incêndio – CILASCI, Natal/RN. 2011.



McGRATTAN, K. **Fire Dynamics Simulator** (version 4) – technical reference guide, NIST Special publication 1018 (Washington, 2006).

ONO, Rosaria. **Aspectos do projeto arquitetônico relevantes para a segurança contra incêndio**. Material didático referente ao Mini-curso apresentado no 1º Congresso Ibero-Latino-Americano em Segurança Contra Incêndio – CILASCI, Natal/RN. 2011.

_____. **O impacto do método de dimensionamento das saídas de emergência sobre o projeto arquitetônico de edifícios altos: uma análise crítica e proposta de aprimoramento**. Tese (Livre docência em Arquitetura e Urbanismo) - Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade de São Paulo. São Paulo, 2010. 457 p. : il.

_____. **Parâmetros para garantia da qualidade do projeto de segurança contra incêndio em edifícios altos**. In: Ambiente Construído, Porto Alegre, v. 7, n. 1, p. 97-113, jan./mar. 2007.

RODRIGUES, E. C. R. **Análise da eficiência do sistema de compartimentação vertical externa por afastamento entre janelas e por projeções horizontais Segundo as exigências normativas brasileiras**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil, UFRGS, Porto Alegre/ RS. 2009.

SCHEER, Sérgio, e BARANOSKI Emerson Luiz. **A utilização de simuladores de incêndio como ferramenta auxiliar para o desenvolvimento de projetos de arquitetura e de prevenção de incêndio**. In: VII Workshop Brasileiro de Gestão do Processo de Projeto na Construção de Edifícios - VII WBGPPCE, Curitiba. 2007.