



3º PRÊMIO INSTITUTO SPRINKLER BRASIL
MENÇÃO HONROSA

Simulação de Incêndios por Fluidodinâmica Computacional

UMA COMPARAÇÃO ENTRE EDIFICAÇÕES
RESIDENCIAIS COM E SEM SPRINKLER

Bruno Polycarpo Palmerim Dias

Simulação de Incêndios por Fluidodinâmica Computacional

Uma comparação entre edificações
residenciais com e sem Sprinkler

3º PRÊMIO INSTITUTO SPRINKLER BRASIL
MENÇÃO HONROSA

Simulação de Incêndios por Fluidodinâmica Computacional

Uma comparação entre edificações
residenciais com e sem Sprinkler

Bruno Polycarpo Palmerim Dias



Copyright © 2019 by Instituto Sprinkler Brasil

Diagramação e Capa

Rosalis Designer

(www.rosalis.com.br)

Revisor Ortográfico

Pâmyla Serra (re-Visão de Água)

Dias, Bruno Polycarpo Palmerim

Simulação de Incêndios por Fluidodinâmica Computacional: Uma comparação entre edificações residenciais com e sem Sprinkler. / Bruno Polycarpo Palmerim Dias. Rio de Janeiro, 2015.
44p.

Trabalho Final da Disciplina de Simulação de Incêndios por Fluidodinâmica Computacional (Mestrado do Programa de Engenharia Civil) – Universidade Federal do Rio de Janeiro. Área de concentração: Estruturas e Materiais.

ISBN 978-85-69034-02-5

Orientador: Professor Dr. Alexandre Landesmann

1. Simulação de Incêndios 2. Fluidodinâmica Computacional
3. Comparação I. Landesmann, Alexandre, orient. II. UFRJ. Instituto Alberto Luiz Coimbra de Pós-Graduação e Pesquisa de Engenharia
III. Simulação de Incêndios por Fluidodinâmica Computacional: Uma comparação entre edificações residenciais com e sem Sprinkler.



*Dedico este trabalho a
meus pais Sérgio e Dalcéia.*

*“Modelar uma estátua e dar-lhe vida é belo;
modelar uma inteligência e dar-lhe verdade é sublime.”*

Victor Hugo

APRESENTAÇÃO

A maioria dos trabalhos inscritos ao longo do curto período de existência do Prêmio Instituto Sprinkler Brasil tem um caráter marcadamente prático, ou seja, são relatos ou reflexões sobre experiências do dia a dia, que têm o mérito de servir como referência para aqueles que estão se iniciando no mercado de proteção contra incêndios. Essa preponderância de trabalhos práticos nunca nos causou surpresa pois reflete o fato de ainda não haver na universidade brasileira um número suficiente de professores e pesquisadores identificados com a área de proteção ativa contra incêndio.

O trabalho de Bruno Polycarpo Palmerim Dias, engenheiro e capitão do Corpo de Bombeiros Militar do Rio de Janeiro, foge a essa característica geral, pois apresenta uma análise teórica da influência de *sprinklers* em um incêndio residencial, valendo-se da fluidodinâmica computacional – o software de código aberto *Fire Dynamics Simulator* (FDS), do

National Institute of Standards and Technology (NIST) dos EUA. Esperamos que este estudo, recebedor de Menção Honrosa no 3º Prêmio

Instituto Sprinkler Brasil, possa incentivar outros pesquisadores a aprofundar a aplicação de ferramentas teóricas ao estudo de sistemas de proteção ativa contra incêndio.

Marcelo Olivieri de Lima
Diretor-Geral
Instituto Sprinkler Brasil

AGRADECIMENTOS

Ao Tenente Coronel BM Mozart Martins Lopes, por seu apoio na difusão da simulação de incêndios por fluidodinâmica computacional no âmbito do Centro de Perícias do Corpo de Bombeiros Militar do Estado do Rio de Janeiro.

Ao Doutor Julio Cesar Silva, por sua valorosa contribuição na construção da Disciplina de Simulação de Incêndios por Fluidodinâmica Computacional no Programa de Engenharia Civil da COPPE/UFRJ.

Ao Professor Doutor Alexandre Landesmann, por sua orientação acadêmica e por seu empenho na evolução do setor de Segurança Contra Incêndio e Pânico no Estado do Rio de Janeiro.

Ao Tenente Coronel BM Marco Albino Lourenço Pereira, pelos enriquecedores ensinamentos na área de perícia de incêndio e explosões e pelo incentivo a continuar na vida acadêmica.

PREFÁCIO

Lamentavelmente, o tema “segurança contra incêndios (SCI)” somente recebe a merecida e necessária atenção após sérios e fatais acidentes, como foi o caso da tragédia na Boate Kiss em 27/01/2013, na cidade de Santa Maria/RS – considerada o segundo maior desastre por incêndio no Brasil em número de vítimas, com 242 mortes e 680 feridos. Neste triste evento da história do país, o sinistro irrompeu por volta das 02:30h da manhã pelo despropositado uso de um sinalizador, provocando a ignição da espuma de isolamento acústico do teto da discoteca; após tentativas de debelar as chamas com água e extintores, em cerca de três minutos, uma fumaça espessa se espalhou de forma irreversível por todo o ambiente que não dispunha de adequado sistema de combate ao fogo. As análises realizadas após o acidente concluíram que o incêndio foi potencializado pela natureza dos materiais presentes nas superfícies dos elementos construtivos, ausência de elementos para compartimentação e de combate ao fogo, que poderiam minimizar sua propagação ou mesmo extinguir o incêndio. Nesse caso, a utilização de sistemas de extinção automática, como, por exemplo, *sprinklers* (chuveiros automáticos), além de auxiliar na extinção e limitação da propagação do fogo, contribui substancialmente para a redução dos níveis de fumaça e de temperatura nos compartimentos afetados.

Nesse contexto, o livro oferece ao leitor uma oportunidade ímpar de aprofundar-se na aplicação de modelos numéricos avançados, via fluidodinâmica computacional, para avaliação do desempenho de sistemas de chuveiros automáticos em situação de incêndio. A escolha do tema é bastante atual, tendo em vista a promulgação em 31/03/2017 da Lei 13.425/2017, que define normas mais rígidas sobre segurança, prevenção e proteção contra incêndios em estabelecimentos de reunião de público.

O autor, além de engenheiro ambiental, formado pela Universidade Federal Fluminense, é oficial do Corpo de Bombeiros Militar do Estado do Rio de Janeiro, tendo se especializado em perícia de incêndios

e explosões. Seus recentes trabalhos na área de proteção ativa (chuveiros automáticos) renderam-lhe o Prêmio Oscar Niemeyer em 2015. Destacam-se ainda a atuação do autor como professor da Academia de Bombeiro Militar Dom Pedro II e iminente conclusão do Mestrado no Programa de Engenharia Civil da COPPE/UFRJ.

De minha parte, recebi com grande alegria o privilégio de ler os originais antes do público leitor, podendo confirmar a contribuição do texto para a área de SCI.

Alexandre Landesmann

SUMÁRIO

1 – INTRODUÇÃO.....	19
2 – OBJETIVOS	21
3 – DO LOCAL	23
4 – DAS SIMULAÇÕES	25
4.1 INCÊNDIO EM EDIFICAÇÃO RESIDENCIAL (SEM SPRINKLER)	25
4.2 INCÊNDIO EM EDIFICAÇÃO RESIDENCIAL (COM SPRINKLER)	32
CONSIDERAÇÕES FINAIS:	39
REFERÊNCIAS:.....	41

1 – INTRODUÇÃO

A fluidodinâmica computacional (FDC) é um modelo que se vale de variações computadas em cada célula segundo as equações fundamentais da dinâmica de fluidos, ou seja, as equações da conservação da massa, da energia e da quantidade de movimento. O modelo tem sido empregado para resolver diversos problemas de engenharia, dentre eles a simulação de incêndios. Nesse contexto, há o destaque para o *Fire Dynamics Simulator* (FDS).

O FDS é um código *open source* desenvolvido em Fortran pelo National Institute for Standards and Technology (NIST/EUA). É um modelo de fluidodinâmica computacional para escoamento de baixa velocidade com ênfase no transporte de fumaça e calor pelos incêndios. Além do modelo FDC, o FDS se vale de 02 modelos complementares: o modelo de combustão e o modelo de radiação. Cabe destacar que o NIST disponibiliza, de maneira gratuita, o Smokeview, que é o programa usado para visualizar os arquivos de saída do FDS.

A Disciplina de Simulação Numérica de Incêndios via Fluidodinâmica Computacional (COC755) ministrada pelo Prof. Julio Cesar Silva, DSc, exigiu do corpo discente o desenvolvimento de 02 modelos em FDS. Tendo em vista que, atualmente, no âmbito do Estado do Rio de Janeiro, não há exigência para a instalação de chuveiros automáticos (*sprinklers*) no interior das unidades residenciais (nos termos do Código de Segurança contra Incêndio e Pânico), consideramos importante comparar os resultados de duas simulações: uma em edificação residencial dotada de *sprinklers*; e outra na mesma edificação tipo, mas sem tal dispositivo.

2 – OBJETIVOS

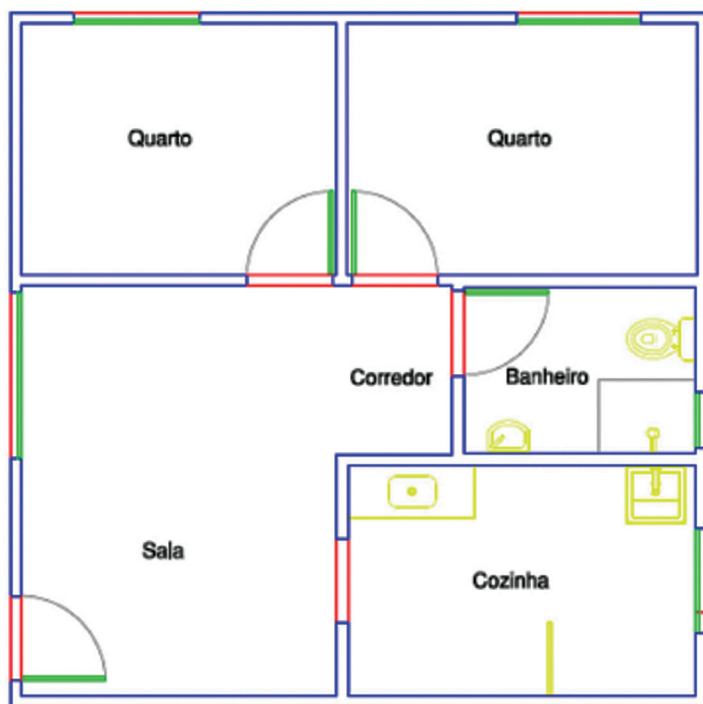
O presente relatório tem por objetivo apresentar, discutir e comparar os resultados de 02 simulações de incêndio desenvolvidas em FDS: uma envolvendo uma edificação residencial sem *sprinklers*; e outra na mesma edificação, sendo esta com o chuveiro automático instalado.

3 – Do LOCAL

O presente modelo buscou simular, de maneira simplificada, as condições de um incêndio ocorrido em uma edificação residencial construída em parede de concreto.

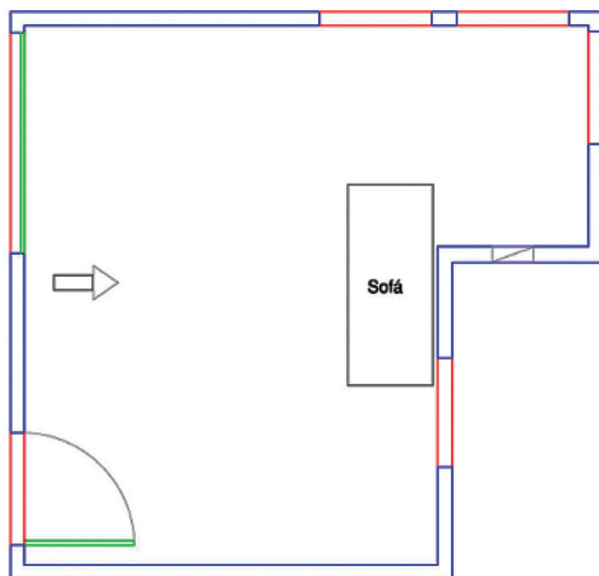
Trata-se de um apartamento composto de 02 quartos, um banheiro, uma sala e uma cozinha, perfazendo um total aproximado de 40 m², como pode ser observado no croqui abaixo:

Figura 1: Croqui do apartamento



Ademais, a origem do desenho se encontra no sofá localizado na sala, conforme detalhamento abaixo:

Figura 2: Croqui da sala contendo o referencial do observador



LEGENDA:

	Quadro de Distribuição
	Sentido da visão do observador

4 – DAS SIMULAÇÕES

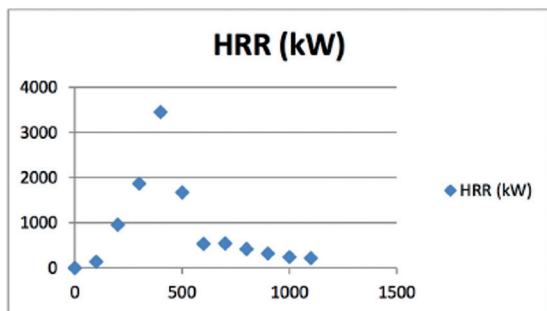
4.1 INCÊNDIO EM EDIFICAÇÃO RESIDENCIAL (SEM *SPRINKLER*)

a) Do modelo

Quanto aos dados de entrada do modelo, nos valem dos seguintes parâmetros:

- I. Utilizou-se células cúbicas de 10 cm de lado.
- II. Utilizou-se características do concreto do Eurocodes.
- III. Adotou-se como material do sofá o poliuretano, com liberação de fuligem (carbono) representando 10% da reação de combustão.
- IV. Considerou-se todas as faces do sofá liberando calor.
- V. Utilizou-se, como HRR do sofá, os dados do CFAST (NIST) gentilmente cedidos pelo professor da disciplina.

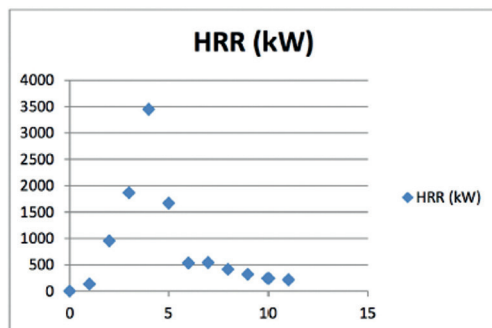
Figura 3: Taxa de liberação de calor do sofá x tempo (NIST)



VI. Considerando a capacidade de processamento do computador onde foi rodada a simulação e o caráter introdutório do modelo na disciplina, foram adotadas as seguintes implicações:

- Foi considerado que a liberação de calor ocorresse em intervalos de tempo 100 vezes menores, conforme gráfico abaixo:

Figura 4: Taxa de liberação de calor do sofá x tempo (Alterado)



VII. Como todas as portas se encontravam fechadas no momento do incêndio e não foram consumidas pelo incêndio (verificado pelo exame de local), considerou-se as portas como paredes de concreto.

VIII. Como a janela se encontrava aberta, considerou-se aquela superfície como aberta.

Quanto aos resultados, desejamos que:

- I. A temperatura, o fluxo de calor e a taxa de queima em todo o envelope do compartimento sejam ilustrados no Smokeview.
- II. A taxa de liberação de calor por unidade de volume e a temperatura em planos de interesse paralelos ao plano $x=0$, $y=0$ e $z=0$ sejam ilustrados no Smokeview.
- III. A temperatura em determinados pontos de interesse do domínio seja calculada e armazenada em arquivo .csv (*comma separated values*).

IV. O fluxo de calor radiante em ponto de interesse do domínio seja calculado e armazenado em arquivo .csv (*comma separated values*).

Figura 5: Vista do local (Smokeview)

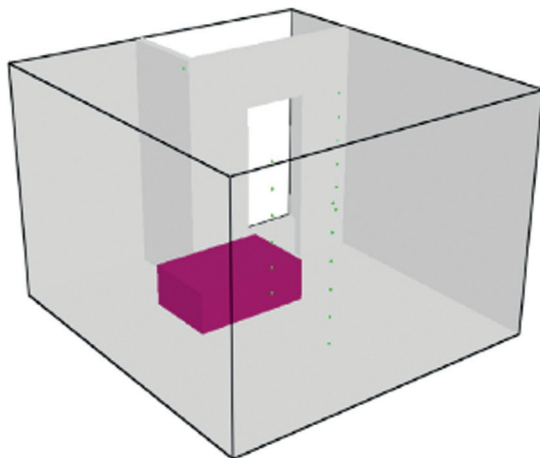
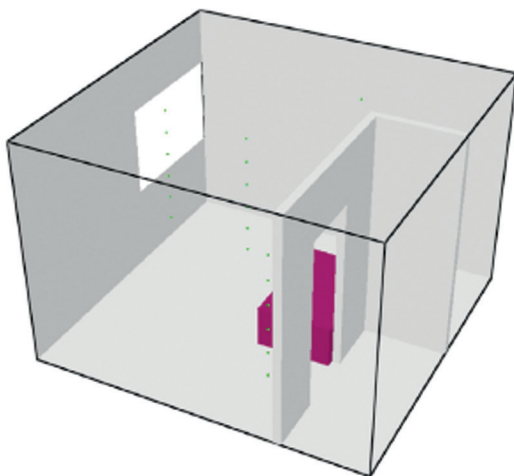


Figura 6: Vista do local (Smokeview)



b) Do arquivo de entrada

Room fire test case-ze_ketti

&HEAD CHID = 'ze_ketti', TITLE='iNCÊNDIO APTO ZE KETTI' /

&MESH IJK=41,39,28, XB=0.0,4.1,0.0,3.9,0.0,2.8 /

&TIME T_END=11.0 /

&REAC FUEL = 'POLYURETHANE' SOOT_YIELD = 0.1

N = 1.0

C = 6.3

H = 7.1 O = 2.1 /

&MATL ID = 'concrete' FYI = 'EUROCODE 4' CONDUCTIVITY = 1.6

EMISSIVITY = 0.8

SPECIFIC_HEAT = 1.00

DENSITY = 2300 /

&SURF ID = 'WALL' DEFAULT = .TRUE. RGB = 200,200,200

MATL_ID = 'concrete' THICKNESS = 0.11 /

&SURF ID = 'SOFA' HRRPUA = 3447 COLOR = 'RASPBERRY'

RAMP_Q = 'HRR_SOFA' /

&RAMP ID = 'HRR_SOFA', T=0.00 , F = 0/

&RAMP ID = 'HRR_SOFA', T=1.00 , F = 0.04/

&RAMP ID = 'HRR_SOFA', T=2.00 , F = 0.28/

&RAMP ID = 'HRR_SOFA', T=3.00 , F = 0.54 /

&RAMP ID = 'HRR_SOFA', T=4.00 , F = 1.00/

&RAMP ID = 'HRR_SOFA', T=5.00 , F = 0.48/

&RAMP ID = 'HRR_SOFA', T=6.00 , F = 0.15/

&RAMP ID = 'HRR_SOFA', T=7.00 , F = 0.16/
 &RAMP ID = 'HRR_SOFA', T=8.00 , F = 0.12/
 &RAMP ID = 'HRR_SOFA', T=9.00 , F = 0.09/
 &RAMP ID = 'HRR_SOFA', T=10.00 , F = 0.07/
 &RAMP ID = 'HRR_SOFA', T=11.00 , F = 0.06/

&OBST XB= 3.0, 3.11, 0.00, 2.30, 0.00, 2.80 / Chicken Wall
 &OBST XB= 3.11, 4.10, 2.19,2.30,0.00, 2.80 / DOOR HALL
 &HOLE XB= 3.0, 3.11, 0.71, 1.50, 0.00, 2.10 / Chicken HALL
 &VENT XB= 0.00, 0.00, 2.26, 3.90, 1.0, 2.1 , SURF_ID = 'OPEN' /
 WINDOW
 &VENT XB= 4.10, 4.10, 0.00, 2.19, 0.00, 2.8 , SURF_ID = 'OPEN' /
 KITCHEN_HALL

&OBST XB=2.10,3.00,1.40,2.80,0.00,0.50, SURF_IDS='SOFA',
 'SOFA','SOFA' / SOFA_PART1

&BNDF QUANTITY='GAUGE HEAT FLUX' /
 &BNDF QUANTITY='WALL TEMPERATURE' /
 &BNDF QUANTITY='BURNING RATE' /

&SLCF PBX=2.05, QUANTITY='TEMPERATURE' /
 &SLCF PBX=2.05, QUANTITY='HRRPUV' / Heat Release Rate per
 Unit Volume
 &SLCF PBY=1.95, QUANTITY='TEMPERATURE' /
 &SLCF PBY=1.95, QUANTITY='HRRPUV' / Heat Release Rate per
 Unit Volume
 &SLCF PBZ=1.4, QUANTITY='TEMPERATURE' /
 &SLCF PBZ=1.4, QUANTITY='HRRPUV' / Heat Release Rate per Unit
 Volume

&DEVC XYZ=1.5,2.3,2.1, QUANTITY='TEMPERATURE', ID='A6' /
 &DEVC XYZ=1.5,2.3,1.8, QUANTITY='TEMPERATURE', ID='A5' /

&DEVC XYZ=1.5,2.3,1.5, QUANTITY='TEMPERATURE', ID='A4' /

&DEVC XYZ=1.5,2.3,1.2, QUANTITY='TEMPERATURE', ID='A3' /

&DEVC XYZ=1.5,2.3,0.9, QUANTITY='TEMPERATURE', ID='A2' /

&DEVC XYZ=1.5,2.3,0.6, QUANTITY='TEMPERATURE', ID='A1' /

&DEVC XYZ=2.8,2.5,2.8, QUANTITY='RADIATIVE HEAT FLUX',
IOR=-3, ID='grad_A' /

&TAIL /

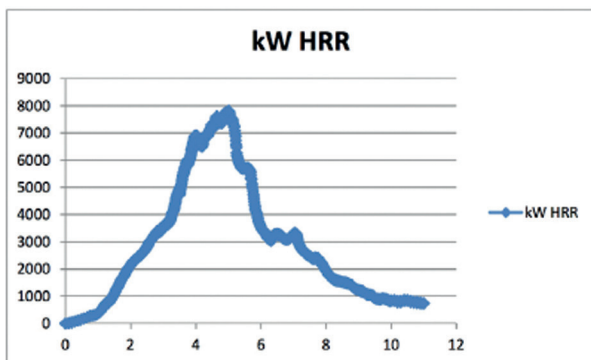
c) Dos resultados

Tendo em vista a apresentação dos resultados definidos no arquivo de entrada, os resultados foram armazenados no arquivo .csv, que foi tratado em EXCEL e ilustrado no Smokeview.

Arquivo .csv

Taxa de liberação de calor em kW:

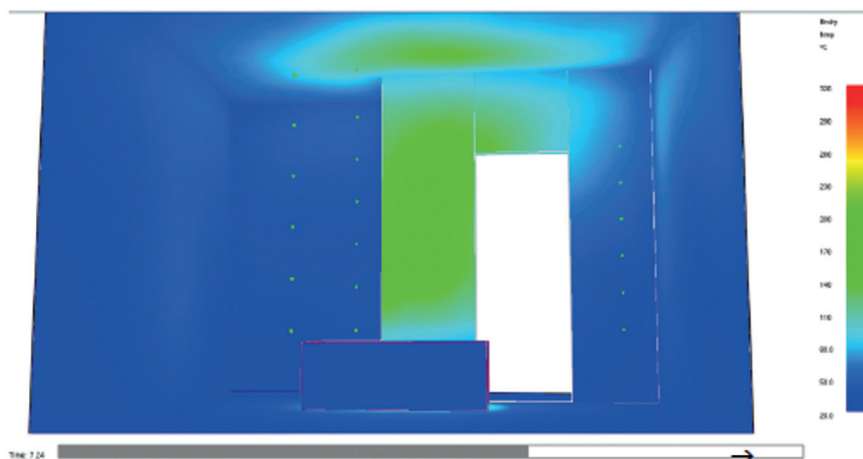
Figura 7: Taxa de liberação de calor do sofá (.csv)



Smokeview:

Temperatura no envelope do compartimento em 7,2 s:

Figura 8: Temperatura no envelope do compartimento em 7,2 segundos
(Smokeview)



d) Da análise dos resultados

Confrontando as marcas encontradas nas paredes da sala da edificação atingida pelo incêndio com a temperatura do envelope do compartimento, ficou evidenciado que os resultados obtidos são condizentes com as análises dos peritos, considerando que o *despelamento* da tinta e a queima limpa (característica da intensa ação de calor de uma superfície) ocorreram em locais próximos às regiões da parede que apresentaram maiores temperaturas.

Ficou denotado que as “baixas temperaturas” (inferiores a 250 °C) encontradas no envelope do compartimento no modelo se deram em virtude da simplificação associada ao tempo de incêndio, que durou apenas 11 segundos.

Ficou evidenciado que a taxa de liberação de calor do ambiente acompanha, de maneira suavemente defasada, o HRR do sofá prescrito, ao longo do tempo, no arquivo de entrada.

4.2 INCÊNDIO EM EDIFICAÇÃO RESIDENCIAL (COM SPRINKLER)

Nesse modelo, precisamos utilizar de partículas lagrangeanas para simular a ação das gotas aspergidas pelos chuveiros automáticos. Por conceito, partículas lagrangeanas são aplicáveis para representar uma variedade de objetos muito pequenos para serem resolvidos e incluídos na escala de malha.

a) Do local

Trata-se do mesmo local do modelo descrito no item 3.1. Agora o objetivo é simular como seria o comportamento do incêndio se houvesse chuveiros automáticos (*sprinklers*) no interior da unidade residencial.

Sabemos que, para tal edificação, só há exigência, de acordo com o Código de Segurança contra Incêndio e Pânico do Estado do Rio de Janeiro (COSCIP), para as áreas de uso comum (incluindo o hall de cada pavimento).

Este estudo é muito importante para os legisladores tomarem decisão acerca da necessidade de mudança da legislação de segurança contra incêndio.

b) Do modelo

Quanto aos dados de entrada e simplificações, adotamos os mesmos descritos no item 3.1. Além disso, nos valem os seguintes dados dos *sprinklers*, de acordo com a ABNT NBR 10897 e com o COSCIP:

Risco: Pequeno.

- Fator $K = 80$

$$Q = (K \sqrt{P})/10 \text{ Onde: } Q - \text{L/min e } P - \text{KPa}$$

- Diâmetro do orifício = 12,7 mm.
- $Q_{\min} = 97,2 \text{ l/min}$ $P_{\min} = 1,48 \text{ KPa}$.
- Área por cobertura de chuveiro = 20,90 m².
- Temperatura recomendada de rompimento do bico = 68° C.

Cabe destacar que, pela área de cobertura do bico, verificou-se que 01 bico já atenderia o ambiente. Ademais, optou-se por utilizar o bico do tipo pendente (com orientação para baixo).

Quanto aos resultados escritos do modelo, utilizou-se das mesmas definições do arquivo de entrada do modelo descrito em 3.1.

c) Do arquivo de entrada

Room fire test case-ze_ketti com sprinkler

&HEAD CHID = 'ze_ketti', TITLE='INCÊNDIO APTO ZE KETTI' /

&MESH IJK=41,39,28, XB=0.0,4.1,0.0,3.9,0.0,2.8 /

&TIME T_END=1100.0 /

&REAC FUEL = 'POLYURETHANE' SOOT_YIELD = 0.1

N = 1.0

C = 6.3

H = 7.1 O = 2.1 /

&MATL ID = 'concrete' FYI = 'EUROCODE 4' CONDUCTIVITY = 1.6

EMISSIVITY = 0.8

SPECIFIC_HEAT = 1.00 DENSITY = 2300 /

&SURF ID = 'WALL' DEFAULT = .TRUE. RGB = 200,200,200

MATL_ID = 'concrete' THICKNESS = 0.11 /

&SURF ID = 'SOFA' HRRPUA = 3447 COLOR = 'RASPBERRY'

RAMP_Q = 'HRR_SOFA' /

&RAMP ID = 'HRR_SOFA', T=0.00 , F = 0 /

&RAMP ID = 'HRR_SOFA', T=100.00 , F = 0.04 /

&RAMP ID = 'HRR_SOFA', T=200.00 , F = 0.28 /

&RAMP ID = 'HRR_SOFA', T=300.00 , F = 0.54 /

&RAMP ID = 'HRR_SOFA', T=400.00 , F = 1.00 /

&RAMP ID = 'HRR_SOFA', T=500.00 , F = 0.48 /

&RAMP ID = 'HRR_SOFA', T=600.00 , F = 0.15/
&RAMP ID = 'HRR_SOFA', T=700.00 , F = 0.16/
&RAMP ID = 'HRR_SOFA', T=800.00 , F = 0.12/
&RAMP ID = 'HRR_SOFA', T=900.00 , F = 0.09/
&RAMP ID = 'HRR_SOFA', T=1000.00 , F = 0.07/
&RAMP ID = 'HRR_SOFA', T=1100.00 , F = 0.06/

&OBST XB= 3.0, 3.11, 0.00, 2.30, 0.00, 2.80 / Chicken Wall
&OBST XB= 3.11, 4.10, 2.19,2.30,0.00, 2.80 / DOOR HALL
&HOLE XB= 3.0, 3.11, 0.71, 1.50, 0.00, 2.10 / Chicken HALL
&VENT XB= 0.00, 0.00, 2.26, 3.90, 1.0, 2.1 , SURF_ID = 'OPEN' /
WINDOW
&VENT XB= 4.10, 4.10, 0.00, 2.19, 0.00, 2.8 , SURF_ID = 'OPEN' /
KITCHEN_HALL

&OBST XB=2.10,3.00,1.40,2.80,0.00,0.50, SURF_IDS='SOFA',
'SOFA','SOFA' / SOFA_PART1

&SPEC ID = 'WATER VAPOR'
&PART ID = 'SPK_DROP' , SPEC_ID='WATER VAPOR', DIAME-
TER = 1000 , COLOR = 'LIGHT BLUE' , ORIENTATION = -3 /
&PROP ID = 'PENDENTE', QUANTITY='SPRINKLER LINK TEMPE-
RATURE', RTI=100.,
ACTIVATION_TEMPERATURE=68., OFFSET=0.05,F L O W _
RATE=97.20, OPERATING_PRESSURE = 1.4762,
PARTICLE_VELOCITY=0.00, SPRAY_ANGLE=0,80, ORIFICE_DIA-
METER = 0.0127, PART_ID = 'SPK_DROP' /
&DEVC ID='SpK_01', XYZ=1.5,1.95,2.8, PROP_ID='PENDENTE' /

&BNDF QUANTITY='GAUGE HEAT FLUX' /
&BNDF QUANTITY='WALL TEMPERATURE' /

&SLCF PBX=2.05, QUANTITY='TEMPERATURE' /
&SLCF PBX=2.05, QUANTITY='HRRPUV' / Heat Release Rate per
Unit Volume

&SLCF PBY=1.95, QUANTITY='TEMPERATURE' /

&SLCF PBY=1.95, QUANTITY='HRRPUV' / Heat Release Rate per Unit Volume

&DEVC XYZ=1.5,2.3,2.1, QUANTITY='TEMPERATURE', ID='A6' /

&DEVC XYZ=1.5,2.3,1.8, QUANTITY='TEMPERATURE', ID='A5' /

&DEVC XYZ=1.5,2.3,1.5, QUANTITY='TEMPERATURE', ID='A4' /

&DEVC XYZ=1.5,2.3,1.2, QUANTITY='TEMPERATURE', ID='A3' /

&DEVC XYZ=1.5,2.3,0.9, QUANTITY='TEMPERATURE', ID='A2' /

&DEVC XYZ=1.5,2.3,0.6, QUANTITY='TEMPERATURE', ID='A1' /

&DEVC XYZ=2.8,2.5,2.8, QUANTITY='RADIATIVE HEAT FLUX',
IOR=-3, ID='grad_A' /

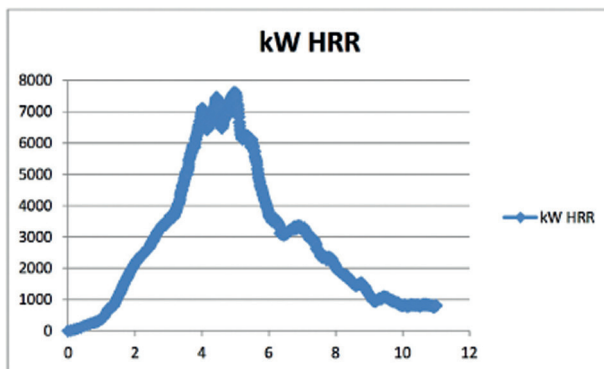
&TAIL /

d) Dos resultados

Tendo em vista a apresentação dos resultados definida no arquivo de entrada, os resultados foram armazenados no arquivo .csv, que foi tratado em EXCEL, e ilustrados no Smokeview.

Arquivo .csv

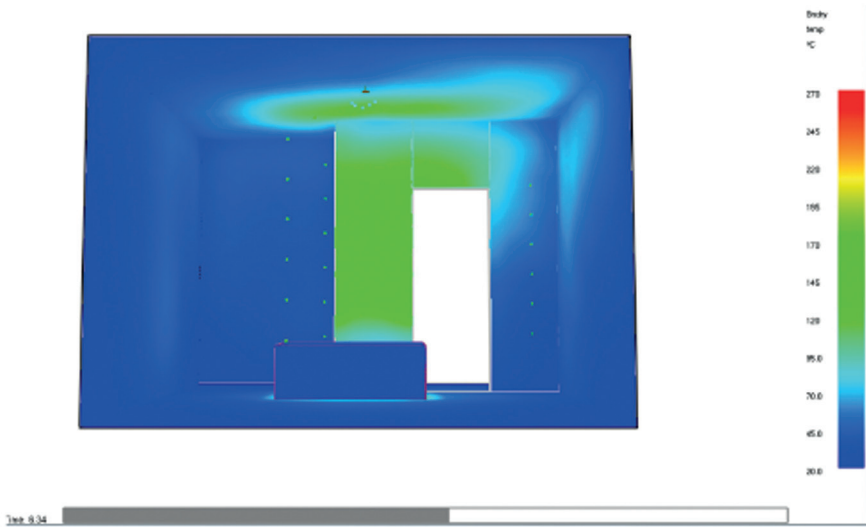
Figura 9: Taxa de Liberação de Calor do Sofá (.csv)



Smokeview:

Observa-se que o chuveiro automático começou a liberar água no tempo 6,34 s. Ou seja, nesse tempo, o chuveiro atingiu 68° C.

Figura 10: Rompimento do *sprinkler* em 6,34 segundos (Smokeview)



Observa-se a temperatura simulada no envelope do compartimento do ambiente com *sprinkler* no tempo 7,23 segundos.

Figura 11: Temperatura no envelope do compartimento no tempo 7,23 segundos (Smokeview)



e) Da análise dos resultados

Confrontando a temperatura no envelope do compartimento nos pontos mais quentes em 7,2 s da simulação descrita em 3.1 com a temperatura do mesmo local no mesmo intervalo de tempo da presente simulação, verifica-se que a temperatura da presente simulação é cerca de 50° C inferior.

Confrontando a curva de HRR de 3.1 com a presente curva de HRR, verifica-se que a ação do chuveiro automático pouco influenciou na queda da HRR, visto que a taxa de liberação de calor (HRR) foi prescrita para viabilizar cálculos em computadores de baixa capacidade de processamento (computadores pessoais). Para cálculos de estruturas mais complexas, se faz necessária a adoção de métodos aplicados à computação de alto desempenho, incluindo a computação em paralelo do tipo *Message Passing Interface* (MPI), que divide o domínio em um número discreto de malhas para solução do sistema (compartilhamento de memória distribuída).

CONSIDERAÇÕES FINAIS:

Levando em conta as simulações realizadas, considerando o exemplo de outros países e o que foi apresentado em aula pelo professor da cadeira, acreditamos ser importante destacar que o FDS pode ser empregado em estudos que envolvam a adoção de novas medidas de proteção contra incêndio ou na alteração de requisitos normativos, como a exigência de dispositivos fixos automáticos de combate a incêndio para edificações residenciais. Outrossim, cabe lembrar que diversos outros parâmetros podem ser avaliados no ambiente, como a concentração de oxigênio e de gases tóxicos, que influenciam substancialmente na letalidade dos incêndios.

REFERÊNCIAS:

ABNT. **NBR 10897**: Sistema de Proteção Contra Incêndio por Chuveiros Automáticos – Requisitos. 2007.

NFPA. **NFPA 921**: Guide for Fire and Explosion Investigations. 2011.

NIST. **User's Guide for Smokeview Version 5**: A Tool for Visualizing Fire Dynamics Simulation Data. 2007.

NIST. **Fire Dynamics Simulator User's Guide**. 2015.

RIO DE JANEIRO. **Lei nº 897/1976**: Código de Segurança contra Incêndio e Pânico. 1976.

