ANEXO H

Modelo de utilização do dimensionamento para extração de fumaça em átrio

1. Dados do projeto:

- **a.** átrio retangular e uniforme;
- **b.** altura : 36,5 m;
- **c.** comprimento de 61 m e largura de 30,5 m;
- **d.** fogo considerado do tipo estável;
- **e.** projeto do fogo: 5.275 kW;
- **f.** diferença de temperatura interna: 9,26°C;
- **g.** detector de temperatura localizado no teto do átrio, acionado com uma diferença de temperatura de 10°C.

2. 1° passo: Determinação do tempo de ativação do detector, com o fogo localizado na base do átrio e os detectores no topo do átrio:

- **a.** Utilizando a Equação 9:
  $X = (0,42\ Y^2) + (8,2 \times 10^{-8}\ Y^6)$
  Para $X \leq 480$

Onde:

$X = (t\ Q^{1/3}) / (H^{4/3})$
$Y = (\Delta T\ H^{5/3}) / (Q^{2/3})$

Onde:

t = tempo da ignição (ativação) (seg)
Q = taxa de liberação de calor (fogo estável) (Kw)
H = altura do teto acima da superfície do fogo (m)
ΔT = aumento da temperatura no teto (°C)
$Y = 9,86\ (36,5)^{5/3} / (5275)^{2/3} = 13,07$
$X = 0,42\ (13,07)^2 + 8,2 \times 10^{-8}\ (13,07)^6 = 72,14$
$T = (72,14\ (36,5)^{4/3}) / (5275)^{1/3} = 502$ seg.

3. 2° passo: Verificação da altura que a fumaça irá alcançar sem estratificar, para confirmar se a posição (altura) dos detectores irá acionar o sistema de controle de fumaça:

- **a.** Utilizando a Equação 7:
  $Hmax = 15,5\ Qc^{2/5}\ \Delta TO^{-3/5}$

Onde:

Hmax = altura do teto acima da superfície do fogo (m)
Qc = porção convectiva da taxa de liberação de calor (Kw)
$\Delta T0$ = diferença de temperatura ambiental entre o piso da superfície do fogo e o teto (°C)
$Hmax = 15,5\ (5275 \times 0,7)^{2/5} \times 10^{-3/5} = 104$ m

Obs.:

1) Qc = 0,7 Q;
2) A altura que a fumaça atingirá sem estratificar é de 104 m, sendo que os detectores estão instalados a 36,5 ft, portanto serão acionados.

4. 3° passo: Determinação da profundidade da camada de fumaça quando o detector for ativado.

- **a.** Utilizando a Equação 8:
  $z/H = 1,11 - 0.28\ \ln [(tQ^{1/3} / H^{4/3}) / (A/H^2)]$

Onde:

z = altura das primeiras indicações de fumaça acima da superfície do fogo (m);
H = altura do teto acima da superfície de fumaça (m);
T = tempo (s);
Q = taxa de liberação de calor de fogo estável (Kw);
A = área seccional cruzada do espaço sendo preenchido com fumaça (m^2).
z/36,5 = $\{1,11 - 0,28\ \ln [(502 \times 5275^{1/3} / 36,5^{4/3}) / (30,5 \times 61 / 36,5^2)]\} = 0,20$ m

Obs.:

1) Quando a profundidade da camada de fumaça for menor que 0,2 H, o dimensionamento obtido pela Equação 8 não prevê uma estimativa que se pode confiar;
2) Entretanto, o resultado indica que o átrio terá um acumulo de fumaça significativo;

3) O fato da camada de fumaça descer até o nível do piso não indica necessariamente condição de perigo;

4) Pode-se afirmar que a interface da camada de fumaça é definida quão antecipadamente será detectada a presença de fumaça.

b. Em uma segunda tentativa com t = 120 s, decorrente da previsão de detector linear, temos:
z = {1,1 – 0,28 ln [(tQ$^{1/3}$/H$^{4/3}$)/(A/H^2)]} H
z = {1,1 – 0, 28 ln [(120 x 5275$^{1/3}$ / 36,5$^{4/3}$) / (30,5 x 61 / 36,5^2)]} x 36,5 = 14,82 m

Obs.:

1) A comparação dos vários cálculos no exemplo acima demonstra a diferença quando da aplicação de detectores distintos;
2) Esta substituição de tipo de detector é valida para antecipar a detecção do incêndio e, consequentemente, se prever uma interface da camada de fumaça em uma posição mais elevada e que atenda as expectativas do projeto de controle de fumaça.

5. 4° passo: Determinação da taxa de exaustão de fumaça, prevendo-se uma altura de 1,52 m, acima do piso do último pavimento (nono pavimento), e considerando o fogo localizado no centro do piso térreo do átrio (coluna de fumaça assimétrica).

a. com a localização do fogo no centro do átrio, é esperada a formação de uma camada de fumaça assimétrica, sendo assim, deve-se primeiro utilizar a Equação 12, a fim de determinar a altura da chama:

$Z1 = 0{,}166\ Qc^{2/5}$

Onde:

z1= limite de elevação da chama (m)
Qc = porção convectiva da taxa de liberação de calor (Kw)
Z1 = 0,166 (5.275 x 0,7)$^{2/5}$
Z1 = 4,45 m

b. com a interface da camada de fumaça sendo projetada com a altura de 26 m acima do nível do piso térreo do átrio, e com a altura da chama dimensionada em 4,45 m, pode-se determinar a taxa de produção de fumaça dentro da camada de fumaça (Equação 13):

Equação 13

$m = 0{,}071\ Qc^{1/3}\ z^{5/3} + 0{,}0018\ Qc\ (z > z1)$

Onde:

m = vazão mássica da colina de fumaça para a altura z (Kg/s)
z = altura acima do combustível (m)
Qc = porção convectiva da taxa de liberação de calor, estimada em 70% da taxa de liberação de calor (Q) (Kw)
m = 0,071 (5.275 x 0,7)$^{1/3}$ x (26)$^{5/3}$ + 0,0018 (3692,5)
m = 257,06 Kg/s

c. se a taxa de extração de for igual à taxa de produção de fumaça, a profundidade de camada de fumaça será estabilizada em uma altura predeterminada no projeto de controle de fumaça. Desse modo, convertendo a taxa de vazão de massa para um taxa de vazão volumétrica usando Equação 15, temos:

$V = m/\rho$

Onde:

ρ = densidade da fumaça (Kg/m^3)
m = taxa de vazão de massa da coluna de fumaça para a altura z (Kg/s);
Para o exemplo:
ρ = 1,2 Kg/m^3
m = 257,06 Kg/s
V = 257,06/1,2
V = 214,21 m^3/s

6. 5° passo: Verificação se a coluna de fumaça entrará em contato com as paredes, com o projeto de controle de fumaça fixando a camada de fumaça em 1,52 m acima do teto do nono pavimento. Utilizando a Equação 22, temos:

$d = 0.5\ z$

Onde:

d = diâmetro do plume de fumaça (m)
z = altura da camada de fumaça (ft) = 26 m
d = 0,5 (26)
d = 13 m

Obs.:

Como as dimensões do átrio horizontalmente são 30,5 m e 61 m, com o dado acima se constata que a coluna de fumaça tem um diâmetro menor (13 m), portanto não entra em contato com as paredes do átrio, antes de alcançar a interface da camada de fumaça prevista em projeto.

7. 6° passo: Determinação da temperatura da camada de fumaça depois da atuação do sistema de exaustão, visando estudar se a coluna de fumaça terá alterações.

a. Aplicando-se as fórmulas contidas na Tabela 14:

$\Delta T = [60(I-x1)Qc]/(\rho 0cpV)$

Onde:

ΔT = temperatura da camada de fumaça
I = intensidade da luz na fumaça
x1 = fator de perda de calor total da camada de fumaça aos limites do átrio, valor máximo de 1, aumento máximo de temperatura ocorrerá se X1= 0
Qc = porção convectiva da taxa de liberação de calor (btu/s).
ρ0 = densidade do ar ambiente (lb/ft^3)
Cp = calor específico do ar-ambiente
V = taxa de vazão volumétrica (ft^3/s)
Para a equação temos:
1 = intensidade da luz na fumaça = 2 v.i.
x1 = 1
Qc = 3500 btu/s
ρ0 = 0,075 lb/ft^3
cp = 0,24 btu/lb-°F
V = 60 x 7521 ft^3/s
ΔT = 60 (2-1) 3500/ 0,075 x 0,24 x 60 x 7521 = 25,85°F
ΔT = 32°C

8. 7° passo: Determinação do fluxo de ar oposto

a. o fogo localizado no espaço adjacente ao átrio, com a determinação do fluxo de ar oposto (invertido) para manter a fumaça neste espaço adjacente:

1) As aberturas no átrio são de 3,04 m (largura) x 1,82 m (altura);
2) A temperatura da chama é de 537°C;
3) Utilizando a Equação 23, temos:

$v = 0,64 [gH (Tf - T0)/(Tf)]^{1/2}$

Onde:

v = velocidade do ar (m/s);
g = aceleração da gravidade (9,8 m/s^2);
H = altura da abertura (m);
Tf = temperatura da fumaça quente (°C);
T0 = temperatura do ar ambiente (°C).
Para o caso, temos:
H = 1,82 m
Tf = 537(°C);
T0 = 21 (°C);
V = 0,64 $[9,8 \times 1,82 \times (537 - 21)/(537)]^{1/2}$
V = 2,64 m/s.
para um fogo no átrio, determine o fluxo de ar oposto requerido para restringir que a fumaça propague para as áreas adjacentes.

Baseado na Equação 24, temos:

$Ve = 0,057 [Q/z]^{1/3}$

Onde:

ve = velocidade do ar (m/s)
Q = taxa de liberação de calor (Kw)
z = distância acima da base do fogo à abertura (m).
Para o exemplo:
Q = 5275 KW
z = 27,45 m
Ve = 0,057 $[Q/z]^{1/3}$ = 0,057 $[5275/ 27,45]^{1/3}$
Ve = 0,33 m/s