

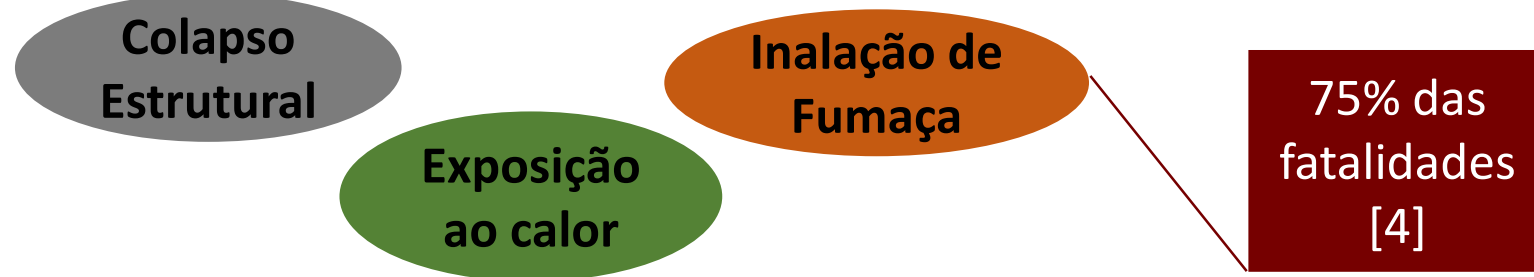
# ESTUDO NUMÉRICO DO ESCOAMENTO DE GASES POR UMA ABERTURA DE PORTA DURANTE UM INCÊNDIO EM AMBIENTE CONJUGADO

Autor: Lucas Vinícius Matos

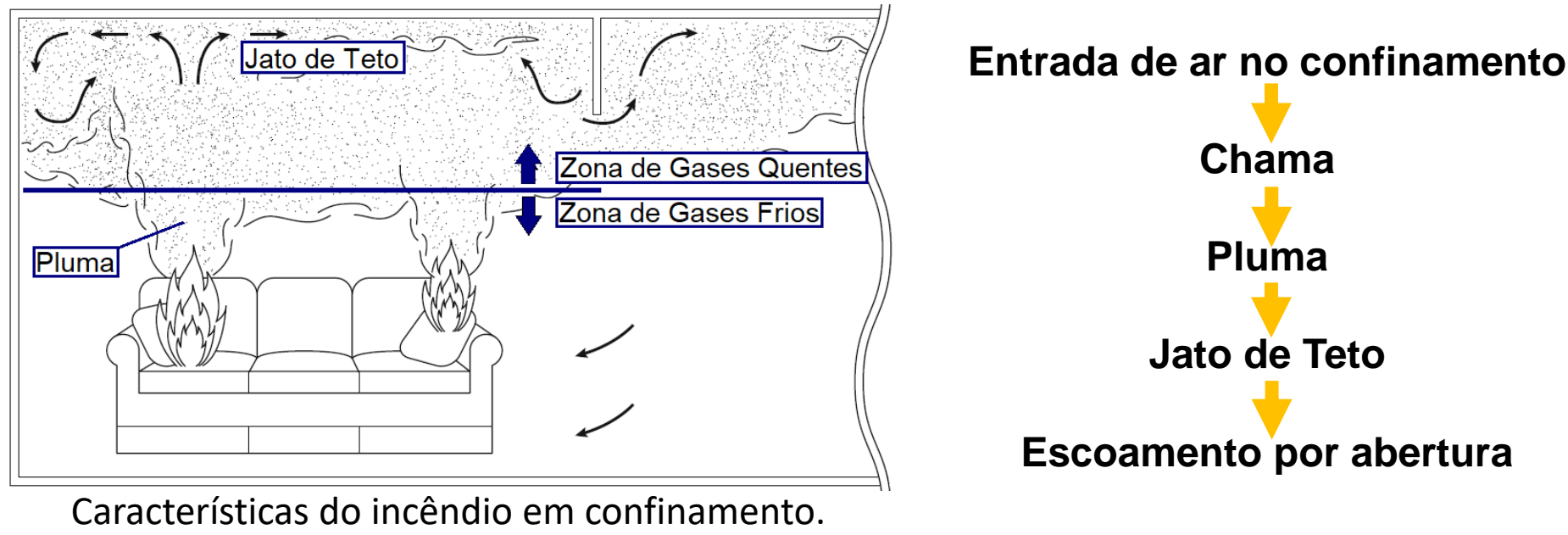
Orientador: Prof. Dr. Felipe Roman Centeno

## Introdução

- Principais causas de dano físico a vítimas de incêndios:



- Comportamento característico do incêndio em confinamento:



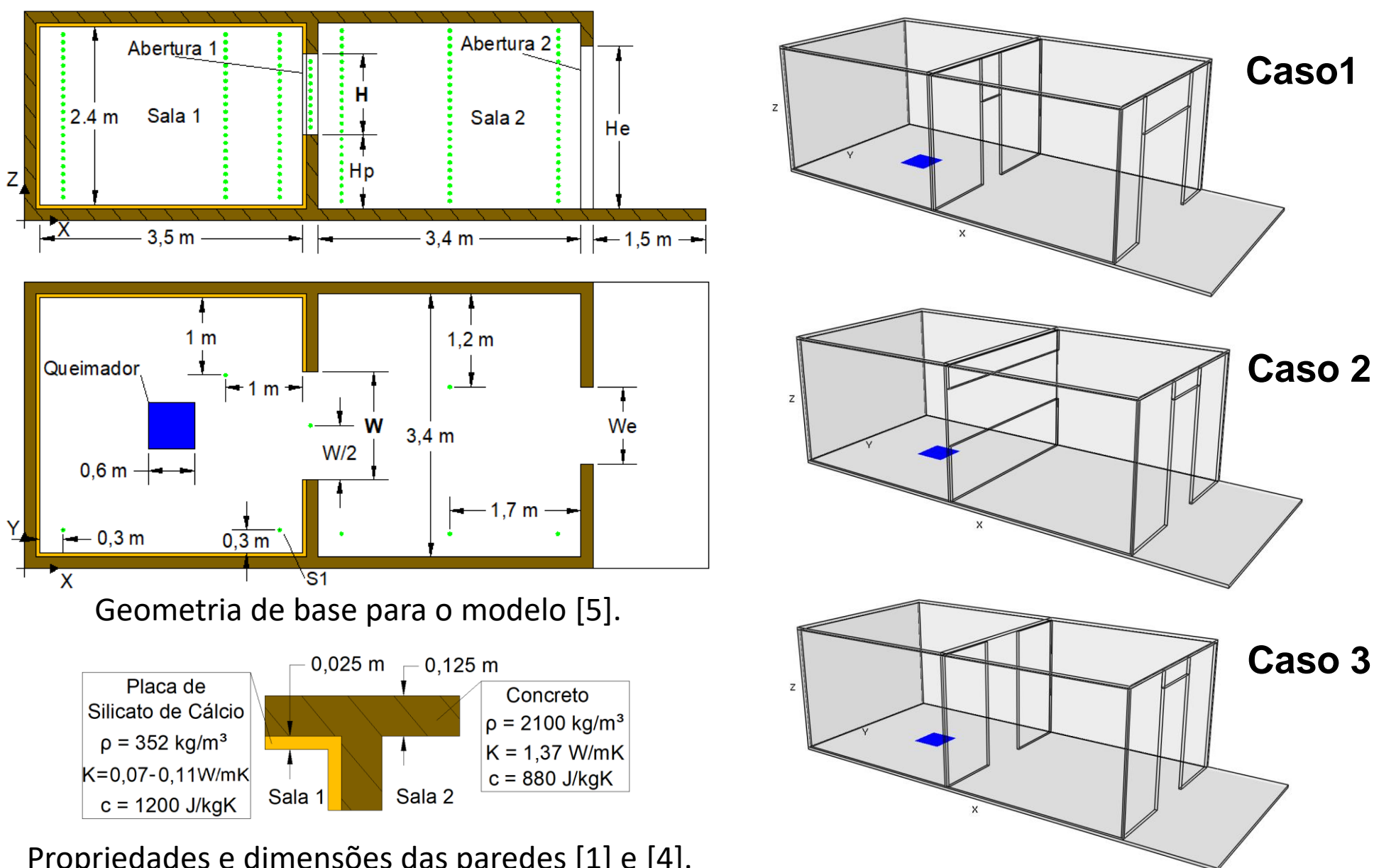
Características do incêndio em confinamento.

## OBJETIVOS

- ✓ Avaliação numérica do comportamento do escoamento em três casos de incêndios em ambientes conjugados, variando a geometria da ligação entre as salas;
- ✓ Validação do modelo numérico aplicado;
- ✓ Comparação entre resultados experimentais para geometria análoga, numéricos e calculados através de correlações empíricas;
- ✓ Avaliação do desempenho do software Fire Dynamics Simulator.

## METODOLOGIA

- Para os três casos, utilizou-se a mesma geometria de base [5], variando apenas as dimensões da abertura entre as salas 1 e 2.



Propriedades e dimensões das paredes [1] e [4].

Geometria das aberturas					
Caso	H [m]	Hp [m]	He [m]	W [m]	We [m]
1	1,6	0	1,8	0,6	1,8
2	1	1	2,1	3,4	1
3	2,4	0	2,1	1	1

- Modelagem numérica:

- ✓ Software Fire Dynamics Simulator – NIST (v. 6.5.3) [3];
- ✓ Método dos Volumes Finitos, metodologia de cálculo LES;
- ✓ Modelo Smagorinsky Dinâmico [3] para solução de escalas sub-malha;
- ✓ Condição de não deslizamento próximo a superfícies sólidas;
- ✓ Condução unidimensional nos sólidos;
- ✓ Região externa com condição de contorno aberta;
- ✓ Simulação da chama através de queimador difuso modelado como condição de contorno de vazão mássica constante de propano (0,009 kg/s);
- ✓ Dados em regime permanente.
- ✓ Teste de sensibilidade de malha: Malha aplicada com 598500 volumes cúbicos com aresta de 5 cm.

## Condições Iniciais

$T_{\infty}$	$T_{wall}$	$\rho_{\infty}$	$V_{\infty}$	P	g (eixo Z)	Pr	Sc
20°C	20°C	1,196 kg/m <sup>3</sup>	0 m/s	101325 Pa	- 9,81 m/s <sup>2</sup>	0,5	0,5

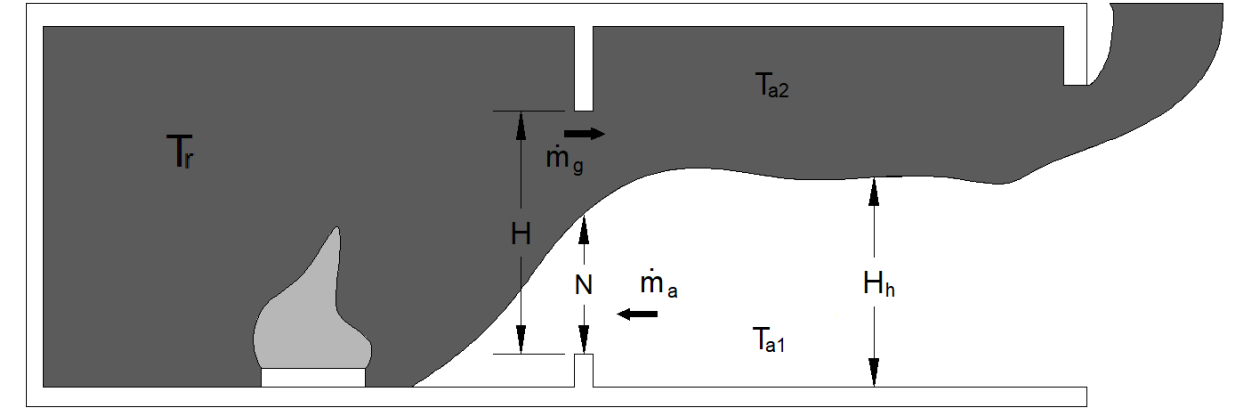
- Correlações empíricas aplicadas:

$$\dot{m}_g = W\rho_{\infty}T_{\infty}C_o \left[ \frac{2}{3} \left( \frac{2g}{T_r} \right)^{\frac{1}{2}} \left( \frac{1}{T_{a2}} - \frac{1}{T_r} \right)^{-1} \left\{ \left( \frac{1}{T_{a2}} - \frac{1}{T_r} \right) (H-H_h) + \left( \frac{1}{T_{a1}} - \frac{1}{T_r} \right) (H_h-N) \right\}^{\frac{3}{2}} - \left( \frac{1}{T_{a1}} - \frac{1}{T_r} \right) (H_h-N) \right]^{\frac{3}{2}} \quad s1 - [5]$$

$$\dot{m}_a = C_i W \rho_{\infty} T_{\infty} \left[ \frac{2}{3} \left( \frac{2g}{T_{a1}} \right)^{\frac{1}{2}} \left( \frac{1}{T_{a1}} - \frac{1}{T_r} \right)^{\frac{1}{2}} N^{\frac{3}{2}} - \left( \frac{1}{T_{a1}} - \frac{1}{T_r} \right) (H_h-N) \right]^{\frac{3}{2}} \quad e1 - [5]$$

$$\dot{m}_g = \frac{2}{3} C_o \rho_{\infty} T_{\infty} (2g)^{\frac{1}{2}} W H^{\frac{3}{2}} \left\{ \left[ \left( \frac{H_h-N}{H} \right) + \frac{3}{2} \left( 1 - \frac{H_h}{H} \right) \right] \left[ \frac{1}{T_r} \left( \frac{1}{T_{a1}} - \frac{1}{T_r} \right) \left( \frac{H_h-N}{H} \right) \right]^{\frac{1}{2}} \right\} \quad s2 - [2]$$

$$\dot{m}_a = 0,47 W H^{\frac{3}{2}} \quad e2 - [2]$$

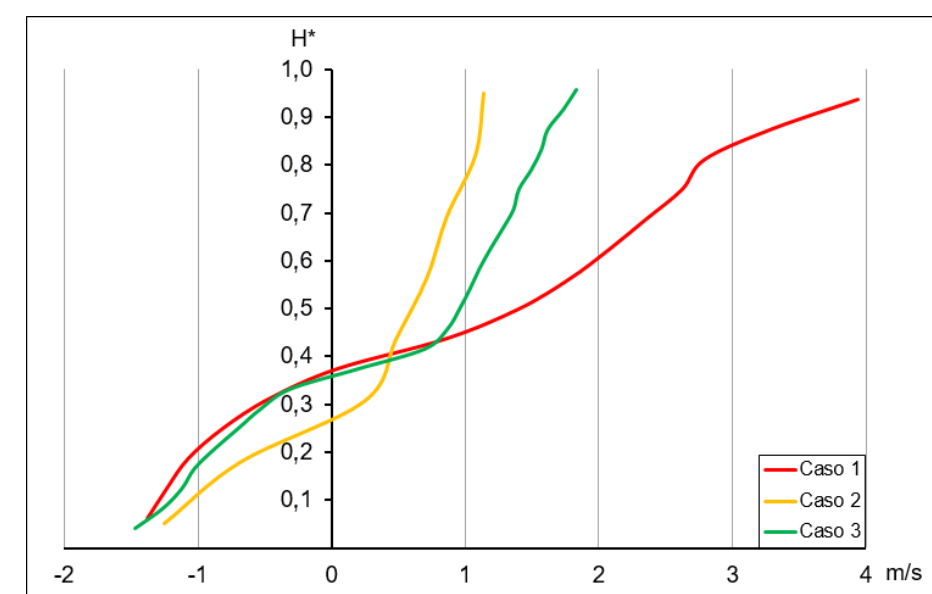


## RESULTADOS

	$\dot{m}_g$ [kg/s]	$\dot{m}_a$ [kg/s]	N [m]	Hh [m]
CFD (Caso 1)	0,571	0,558	0,642	1,19
Experimental [5]	0,583	0,583	0,635	1,35
$\Delta$	2,1%	4,3%	0,8%	13,4%

Caso	$\dot{m}_g$ [kg/s] (FDS)	$\dot{m}_a$ [kg/s] (FDS)	H [m]	W [m]	A <sub>1</sub> [m <sup>2</sup> ]	A <sub>2</sub> [m <sup>2</sup> ]
1	0,571	0,558	1,6	0,6	0,96	3,24
2	0,911	0,879	1	3,4	3,4	2,1
3	1,005	0,993	2,4	1	2,4	2,1

Verifica-se uma relação entre a menor área de abertura e a vazão mássica na abertura 1. Para os casos 2 e 3, cujas menores áreas de abertura são iguais (A<sub>2</sub>), apesar da diferença entre as áreas da abertura 1, há uma aproximação entre os valores de vazão mássica.



Perfil de velocidade na abertura 1.

O eixo das ordenadas indica a altura adimensional H\* em relação a altura da abertura 1 e o eixo das abscissas indica a velocidade do escoamento perpendicular ao plano da abertura.

Na comparação observa-se a semelhança entre o perfil de velocidades para o caso 1 e 3 na porção abaixo da linha neutra N, explicada por geometrias semelhantes na abertura 1, com H dominante sobre W para ambos. Já o perfil do caso 2, mesmo com altos valores de  $\dot{m}_g$  e  $\dot{m}_a$ , apresenta velocidades menores, devido à grande largura W em relação a altura H.

Caso	$\dot{m}_g$ [ kg/s ]				$\dot{m}_a$ [ kg/s ]					
	FDS	s1	$\Delta$ s1	s2	$\Delta$ s2	FDS	e1	$\Delta$ e1	e2	$\Delta$ e2
1	0,571	0,766	34%	0,609	7%	0,558	0,571	2%	0,571	2%
2	0,911	3,301	262%	2,578	183%	0,879	0,419	48%	1,598	82%
3	1,005	1,248	24%	1,157	15%	0,993	1,026	3%	1,747	76%

## CONCLUSÕES

- ✓ Caso 2 – Dimensão largura W dominante sobre altura H na abertura entre as salas, condição geométrica responsável pela diferença entre os valores de vazão mássica calculados pelo FDS e pelas correlações;
- ✓ Correlação s1 sensível a não uniformidades nas temperaturas;
- ✓ Correlação e2 – aproximação baseada apenas na geometria da abertura do caso 1, apresentando resultados corretos apenas para este caso;
- ✓ Estabilidade numérica do software FDS durante as simulações, reproduzindo resultados experimentais com pequenas diferenças;
- ✓ A aplicação de correlações empíricas a incêndios em confinamento mostrou-se uma ferramenta de cálculo possível, porém, recomenda-se a avaliação associada da simulação numérica e do cálculo de correlações específicas para cada caso.

## BIBLIOGRAFIA

- [1] ASTM – American Society for Testing and Materials, “Standard Specification for Calcium Silicate and Pipe Insulation”, Designation: C533 – 13, 2013.
- [2] Chow, W. K., Zou, G. W., “Correlation equations on fire-induced air flow rates through doorway derived by large eddy simulation”, Building and Environment, vol. 40, pp 897-906, 2005.
- [3] NIST, “Fire Dynamics Simulator (version 6.5.3) – Technical Reference Guide Volume 1: Mathematical Model - Sixth Edition”, NIST Special Publication 1018-1, National Institute of Standards and Technology, U.S.A., 2017.
- [4] SFPE, “SFPE Handbook of Fire Protection Engineering”, Society of Fire Protection Engineers, Springer, U.S.A., 5<sup>th</sup> edition, 2016;
- [5] Tanaka, T., Nakaya, I., Yoshida, M., “Full Scale Experiments for Determining the Burning Conditions to Be Applied to Toxicity Tests”. In: First International Symposium of Fire Safety Science, 1985, Fire Safety Science - Proceedings of the First International Symposium, 1985, pp 129-138.