

## Simulação da Radiação Térmica em Cavidades não Isotérmicas

William Schindhelm Georg<sup>1</sup> e Washington Braga Filho<sup>2</sup>

Dept. Eng. Mecânica – PUC/Rio, R. Marquês de S. Vicente 225,  
22453-900, Rio de Janeiro, RJ, Brasil

<sup>1</sup>willy\_georg@gmx.net, <sup>2</sup>wbraga@mec.puc-rio.br (orientador)

**Introdução** A indústria de equipamentos eletrônicos avança rapidamente e seu desenvolvimento está diretamente atrelado à potência e ao tamanho de seus componentes. Microprocessadores, por exemplo, são componentes que trabalham em elevadas temperaturas dentro de espaços bastante limitados, tornando críticas as trocas de calor para evitar superaquecimento dos componentes e mesmo o aparecimento das tensões térmicas que afetam a vida útil dos componentes. Na maioria dos estudos feitos, as trocas radiativas são desprezadas, o que simplifica enormemente o estudo. Assim, apenas a troca por Convecção Natural tem sido tratada, o que inviabiliza a aplicação dos resultados e mesmo as conclusões dos estudos, visto que as trocas radiativas são da mesma ordem que as trocas convectivas (e.g. Siegel e Howell, 2002). As modalidades de troca de calor que devem ser consideradas são a Convecção Natural e a Radiação simultâneas, como no estudo feito por Ramesh e Merzkirch, 2001 que avaliaram as interações entre ambas as formas de trocas de calor. Entretanto, pelas limitações experimentais, a investigação feita limitou-se a situações bidimensionais. O objetivo final do estudo que está se desenvolvendo no Departamento de Engenharia Mecânica da PUC-Rio envolve a simulação tridimensional deste problema. No presente trabalho, contudo, apenas a análise de situações bidimensionais da Radiação Térmica em presença de gases transparentes e semi transparentes será feita. A geometria está ilustrada na Fig.1.

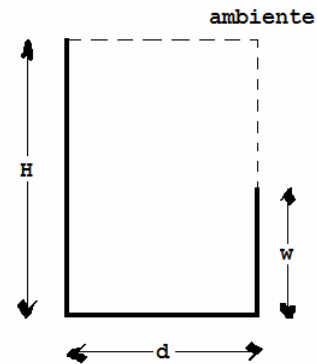


Fig 1. Geometria Utilizada

As condições de contorno escolhidas para a presente análise são descritas em seguida. A parede esquerda da cavidade é definida como sendo uma superfície isotérmica de temperatura 350K, a parede inferior está isolada (fluxo de calor nulo), a parede da direita é também considerada isotérmica ( $T = 330K$ ), enquanto que as demais superfícies estão à temperatura ambiente (293 K). As paredes foram consideradas como corpos cinzas, por simplicidade.

**Trocas radiativas através de gás não-participante (transparente)** Devido às não-linearidades do problema que se pretende estudar, nenhuma solução analítica existe. Assim, optou-se desde o início por se fazer uma investigação numérica utilizando um programa de simulação do escoamento de fluidos e análise térmica, FLUENT. A geometria referencial do estudo feito está mostrada na Fig.1 mas atribuiu-se diferentes valores para altura da seção da direita ( $w/H = 0.25, 0.5, 0.75$  e  $H$ ) para que se pudesse avaliar a influência da abertura da cavidade nos fluxos radiativos e na temperatura média desta parede. Foram estudados também os efeitos das paredes terem baixa emissividade ( $\epsilon=0.05$ ) e alta emissividade ( $\epsilon=0.85$ ). Testes numéricos para a adequação da malha utilizada (número de pontos, por exemplo), foram feitos para o caso em que  $w = H$ , gás transparente, que

admite solução analítica simples, permitindo análise de erros. Os resultados deste estudo são apresentados abaixo.

Tabela 1. Comparação entre resultados analítico e numérico. Meio Transparente.

	Numérico		Analítico		erro %	
	$\epsilon = 0.05$	$\epsilon = 0.85$	$\epsilon = 0.05$	$\epsilon = 0.85$	$\epsilon = 0.05$	$\epsilon = 0.85$
Q1 [W]	1.342	13.246	1.355	13.326	0.96	0.60
Q2 [W]	0.706	-2.464	0.718	-2.409	1.67	2.28
Qcavidade [W]	-2.048	-10.782	-2.073	-10.916	1.21	1.23
Tmédia 3 [K]	303.0	329.8	301.1	329.7	0.63	0.03

**Trocas radiativas através de gás semi-transparente** Para essa análise, foram feitos testes com a geometria descrita acima e diversas condições de absorvidade ( $\alpha$ ) do meio, variando-a entre 0.2 e 0.8, para análise da sua influência. Foi observado que o fluxo radiativo é de fato alterado, se comparado com a situação do meio transparente, dependendo das dimensões da cavidade. Novamente foram estudados os casos para alta e baixa emissividade das paredes internas à cavidade e para a nova geometria, foram atribuídos valores e H, d e w como na tabela Tab.2 ao lado. (As condições de contorno foram mantidas.)

Tabela 2. Dimensões das Geometrias Estudadas

	H [m]	d [m]	w [m]
Geom 1	2	2	1
Geom 2	2	2	0,5
Geom 3	2	1	1
Geom 4	2	1	0,5

Os efeitos da geometria na troca de calor radiativa podem ser mostrados através do campo de temperaturas do gás participante, como mostrado abaixo para duas geometrias (Geom 2 e Geom 3), onde há maior diferença no tamanho da cavidade e na distância entre as duas placas de temperaturas dadas.

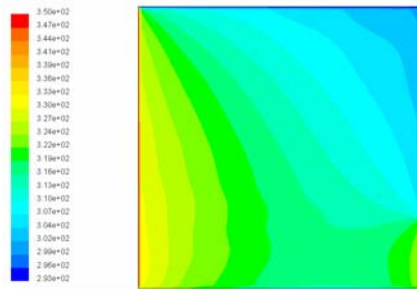


Fig. 2 Perfil de temperaturas,  $\epsilon = 0.85$ ,  $H/w = 0.25$ ,  $H/d = 1$

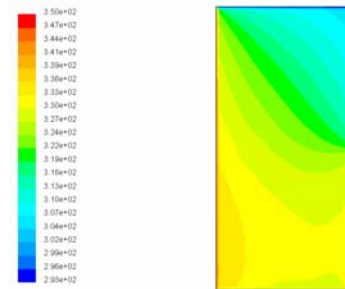


Fig. 3 Perfil de temperaturas,  $\epsilon = 0.85$ ,  $H/d = 0.5$ ,  $H/w = 0.5$

Acompanhando os campos de temperaturas para as diferentes geometrias e para os diferentes valores da emissividade, pode-se também notar uma significativa variação nos valores dos fluxos radiativos através das cavidades como na tabela Tab.2 abaixo, provando a forte influência da emissividade e geometria para a troca de calor através das cavidades.

Tabela 3. Fluxos de Calor, em Watts, para diferentes geometrias.

	e = 0.05	e = 0.85
Geom 1	-53,5	-549,5
Geom 2	-48,2	-583,6
Geom 3	-51,5	-446,4
Geom 4	-47,7	-552,6

## REFERÊNCIAS

- [1] Siegel, R. & Howell, J., "Thermal Radiation Heat Transfer", 4th. Edition, Taylor & Francis, New York, 2002
- [2] Fluent User's Guide, version 6, Fluent Incorporated, New Hampshire, 2003.
- [3] Ramesh, N. & Merkzirsch W., 2001. "Combined Convective and Radiative Heat Transfer in side vented Open Cavities", Intl J. Heat Fluid Flow 22 (2), págs, 180-187