XII Congresso Nacional de Estudantes de Engenharia Mecânica - 22 a 26 de agosto de 2005 - Ilha Solteira - SP

Paper CRE05-TC10

TESTE NUMÉRICO EM CAVIDADE COM FONTE DE CALOR

Yves Nzamba[1], Newton G. C. Leite[1] e Humberto A. Machado[1 2]
[1]UERJ, Faculdade de Tecnologia, Departamento de Mecânica e Energia
[2]CTA-IAE/ASE, Instituto de Aeronáutica e Espaço
[1]Estrada Resende-Riachuelo, s/nº, Bairro Morada da Colina, CEP 27510-000, Resende, RJ
E-mail para correspondência: nleite@fat.uerj.br

Introdução

A necessidade de melhorar os sistemas de resfriamento de componentes eletrônicos vem aumentando a cada ano, devido principalmente ao aumento da potência dos equipamentos em conjunto com a diminuição do tamanho dos mesmos. Pequenos componentes possuem áreas menores de troca de calor, sendo necessário o uso de superfícies estendidas geralmente em conjunto com equipamentos que promovam a circulação forçada do fluido. Esta combinação nem sempre é bem vinda, pois vibração e ruído geralmente estão presentes neste tipo de solução. Ao contrário, a utilização da convecção natural elimina tais problemas e ainda pode reduzir custos conforme o tipo de aplicação, pois um projeto adequado pode vir a eliminar os equipamentos de circulação do fluido. É com a motivação de colaborar com o desenvolvimento destas linha de pesquisa, que um programa computacional acadêmico vem sendo desenvolvido na tentativa de reproduzir com confiabilidade os fenômenos relacionados ao escoamento do fluido na presença de troca de calor em cavidades. Embora exista programas comerciais que consigam fazer tal estudo com muita eficiência, seus custos são proibitivos para a maioria dos pesquisadores hoje dentro da universidade brasileira.

Modelagem matemática e numérica

As equações de conservação de massa, quantidade de movimento e energia, tridimensionais, regime laminar e estacionário em conjunto a aproximação de Boussinesq foram utilizadas para modelar os processos termo-hidrodinâmicos ocorridos dentro da cavidade. A solução foi obtida discretizando as equações de conservação utilizando a técnica de Volumes Finitos, e posteriormente solucionando o sistema de equações algébricas escrevendo um programa em linguagem FORTRAN. Todas as equações de conservação foram colocadas na seguinte forma:

$$\nabla \cdot \left(\rho \vec{u} \phi\right) = \nabla \cdot \left(\Gamma \nabla \phi\right) + S \tag{1}$$

A Eq. (1) pode ser chamada de equação diferencial geral pois dependendo do significado da variável dependente geral ϕ, ela pode representar a equação da conservação de massa (ϕ=1), quantidade de movimento na direção x, y ou z (ϕ=u, ϕ=v, ϕ=w respectivamente) ou ainda conservação de energia (ϕ=T). As variáveis dependentes específicas u, v, w e T são respectivamente componentes de velocidade na direção x, y, z e temperatura. O termo Γ representa o coeficiente de difusão que assume valor zero no caso da equação de conservação de massa e S representa o termo fonte. As quantidades Γ e S são específicas para significados particulares de ϕ. Todas as coordenadas e variáveis dependentes específicas são adimensionalizadas, proporcionando um ganho maior na qualidade da análise dos resultados. A massa específica ρ também foi adimensionalizada, lembrando que o escoamento foi solucionado como incompressível, e toda a interferência causada por ρ foi deixado a cargo do termo de Boussinesq presente na equação da quantidade de movimento na direção y. Maiores informações sobre a técnica de Volumes Finitos pode ser encontrado em Patankar (1980), o qual descreve a forma de se obter a solução do conjunto de equações diferenciais que surgirão a partir da Eq. (1).

As condições de contorno necessárias à solução do problema estão demonstradas de forma qualitativa na Fig. 1, a qual esclarece também a geometria e o domínio de interesse para o presente estudo. A cavidade abriga três fontes de calor que serão representadas por fluxo de calor conhecidos, enquanto a face oposta às fontes de calor terá temperatura uniforme. Todas as outras faces da cavidade serão consideradas adiabáticas.

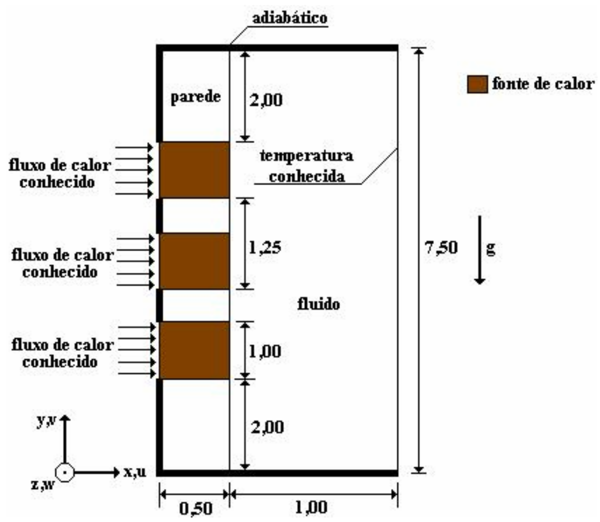

Figura 1 – Cavidade com fonte de calor – características geométricas e condições de contorno.

Comentários finais

A malha utilizada na solução dos três casos apresentados na Fig. 2 são estruturadas com espaçamento uniforme nas direções y e z, enquanto na direção x foi usado um fator de estiramento na tentativa de capturar os fortes gradientes de temperatura presentes nesta direção. O programa foi aferido com os resultados numéricos de Heindel *et al*. (1995). Como pode ser observado na Fig. 2, houve uma razoável concordância entre o presente modelo e os resultados da literatura. O teste de validação do programa foi realizado para uma cavidade com relação entre a condutividade térmica da fonte e do fluido de 2350, número de Prandtl 25 e razão de alongamento 7,5. As notações R_s e Ra referem-se a relação entre a condutividade térmica da parede (substrato) e do fluido, e ao número de Rayleigh baseado na altura da fonte respectivamente. Por último, somente os picos de temperaturas apresentados justamente nas fontes de calor foram apresentados para o resultado numérico de Heindel *et al*. (1995), isto se deve a dificuldade encontrado pelos autores para extraírem os resultados com confiabilidade para comparação.

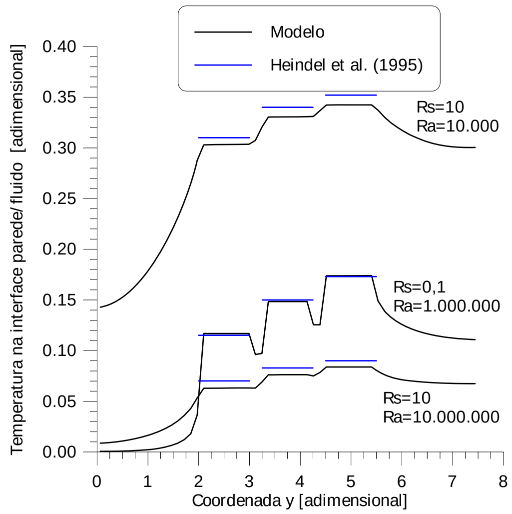

Figura 2 – Perfis de temperatura.

Agradecimentos

Os autores agradecem ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico – CNPq, por financiarem esta pesquisa na forma de uma bolsa de iniciação científica.

Referências Bibliográficas

Heindel, T.J., Ramadhyani, S., Incropera, F.P., “Conjugate natural convection from an array of discrete heat sources: part 1 – two- and three-dimensional model validation and part 2 – a numerical parametric study”, International Journal Heat and Fluid Flow, Vol. 16, 18p., 1995.

Patankar, S.V., “Numerical Heat Transfer and Fluid Flow”, Hemisphere Publishing Corporation, Washington, 197p., 1980.