

## CONVECÇÃO NATURAL EM REGIME LAMINAR ENTRE PLACAS VERTICAIS PLANAS E PARALELAS

Paulo L. K. Paes, paulo88br@hotmail.com; Saulo Güths, saulo@lmpt.ufsc.br

Universidade Federal de Santa Catarina – UFSC  
Departamento de Engenharia Mecânica – EMC

### RESUMO:

Este trabalho apresenta um estudo relacionado à transferência de calor por convecção natural laminar entre duas placas verticais planas e paralelas, com condições de aquecimento assimétrico isotérmico e adiabático. O efeito do espaçamento entre as placas é investigado através da determinação do coeficiente de transferência de calor sobre a placa aquecida, para diferentes configurações do sistema. Os dados experimentais são comparados aos resultados estimados ao utilizar a correlação referência para uma placa vertical plana.

**PALAVRAS-CHAVE:** Convecção natural, Placas verticais paralelas, Experimental

**ABSTRACT:** This paper presents an experimental study related to heat transfer between vertical parallel plates by laminar natural convection with asymmetrical isoflux/isothermal heating conditions. The effect of interplate spacing is investigated by determining the heat transfer coefficient on heated plate, for different system configurations. The experimental data are compared to the estimated results by using the benchmark correlation for a vertical flat plate

**KEYWORDS** Natural convection, Vertical parallel plates, Experimental

### INTRODUÇÃO

Muitas aplicações em engenharia envolvem a convecção natural como principal fenômeno de transferência de calor. Este mecanismo apresenta grande influência na temperatura de operação de dispositivos eletrônicos, assim como no dimensionamento de sistemas térmicos, ou ainda no projeto de edificações (Incropera *et al*, 2003). Geometrias frequentemente encontradas nestes processos envolvem canais compostos por placas verticais planas paralelas, onde uma aproximação teórica para a transferência de calor torna-se difícil e a experimentação passa a ser oportuna.

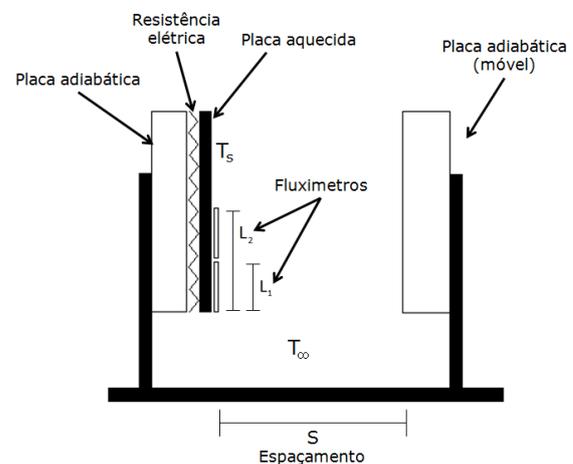
Neste trabalho, a transferência de calor por convecção natural laminar entre duas placas verticais planas e paralelas, com condições de aquecimento assimétrico isotérmico e adiabático, é investigada. Os efeitos do espaçamento entre as placas sobre o comportamento térmico da placa aquecida é avaliado experimentalmente.

### METODOLOGIA

A transferência de calor por convecção natural ao longo da placa vertical isotérmica é avaliada experimentalmente em função do espaçamento entre placas e da sua temperatura prescrita. O coeficiente convectivo obtido na bancada é comparado com o valor estimado ao utilizar a correlação para uma placa vertical plana. Em seguida, os dados são comparados para diferentes configurações do sistema em regime permanente.

### Procedimento experimental

O dispositivo experimental constitui-se de uma placa de cobre quadrada, com  $L=189\text{mm}$  de lado, aquecida por uma resistência elétrica plana de Constantan, e isolada termicamente na face anterior através de uma chapa de madeira. Posicionada em uma estrutura com distância regulável ( $S$ ), encontra-se a placa adiabática, construída com EPS e com mesmas dimensões da placa isotérmica. O sistema é protegido externamente de perturbações por uma caixa cúbica de alumínio polido (com  $1\text{m}$  de lado) e internamente por duas chapas de papelão, que bloqueiam o escoamento de ar transversal entre as placas. A Figura 1 apresenta esquematicamente a bancada.



**Figura 1.** Arranjo do dispositivo experimental

O fluxo de calor médio é obtido em duas posições distintas da placa de cobre (em  $L_1=475mm$  e  $L_2=950mm$  a partir da face inferior) através de dois transdutores de fluxo de calor a gradiente tangencial quadrados, com  $475mm$  de lado. A calibração dos fluxímetros segue os procedimentos apresentados em Güths (1995).

Os fluxímetros, assim como a placa de EPS e as placas laterais, são revestidos com uma lâmina de alumínio polido com o objetivo de reduzir as trocas radiativas, que não são consideradas nas correlações teóricas de convecção natural.

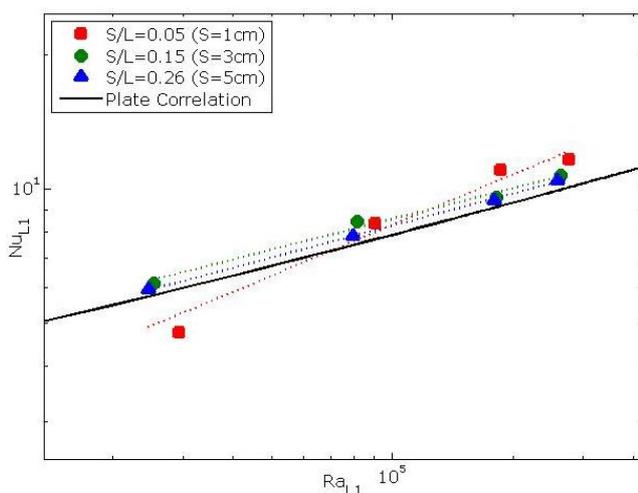
A diferença de temperatura entre a placa de cobre e o meio quiescente é obtida através de um termopar do tipo T (AWG 26) previamente calibrado. O termopar é conectado de forma diferencial entre o centro da placa de cobre e a região anterior ao suporte da placa, não perturbada pela convecção natural. A temperatura no meio quiescente, utilizada para avaliar as propriedades do fluido, é obtida através de um termômetro de bulbo.

Diferentes espaçamentos entre as placas e potências dissipadas na resistência elétrica foram utilizados para obter diferentes condições de operação em regime permanente.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os dados experimentais são apresentados na Fig. (2) em função dos valores de Nusselt e Rayleigh médios baseados no comprimento  $L_1=475mm$ , referente ao fluxímetro inferior, indicando o espaçamento  $S$  entre as placas para cada caso. Os valores de Nusselt estimados para uma placa vertical plana são obtidos através da Eq. (1) (Churchill *et al*, 1975).

$$\overline{Nu}_x = 0.68 + \frac{0.67 Ra_x^{\frac{1}{4}}}{\left[1 + \left(\frac{0.492}{Pr}\right)^{\frac{9}{16}}\right]^{\frac{4}{9}}} \quad (1)$$



**Figura 2.** Curvas de tendência experimental de  $Nu$  x  $Ra$

Ao contrário do esperado, nota-se que a transferência de calor por convecção natural sobre a placa aquecida é

levemente favorecida com a aproximação das placas, até um limite superior, onde a partir deste tem-se o desempenho térmico prejudicado.

O pequeno aumento do número de Nusselt, em relação à correlação para uma placa vertical plana, com a aproximação das placas (redução do espaçamento  $S$ ) também foi observado em Sparrow *et al* (1985). Em seu trabalho, Sparrow foi capaz de alcançar valores de  $S/L < 0.01$  através de uma bancada robusta e precisa, onde foi observada uma condição ótima para a transferência de calor sobre a placa aquecida, de acordo com o valor de Rayleigh sobre a mesma.

## CONCLUSÃO

O presente trabalho foi capaz de apresentar resultados interessantes relacionados aos efeitos do espaçamento entre as placas sobre o comportamento térmico da placa aquecida. Conforme discutido em Sparrow *et al* (1985), a presença de uma condição de operação ótima para a transferência de calor sobre a placa aquecida, está associado a dois fatores concorrentes, a diferença de pressão entre o canal e o meio externo e a saturação térmica no canal. A diferença de pressão localizada na entrada do canal intensifica a convecção nesta região, aumentando a transferência de calor por convecção à medida que as placas se aproximam e o canal é formado. Por outro lado, com a redução do espaçamento entre placas a camada limite sobre a placa aquecida tem seu crescimento restringido, aumentando os efeitos viscosos que aquecem mais o canal e resultam na redução da transferência de calor entre a placa e o ar.

Em trabalhos futuros, a bancada deve ser construída de forma a permitir maior controle do espaçamento entre as placas, assim como melhor controle da temperatura prescrita sobre a placa aquecida, possibilitando a obtenção de uma maior variedade de condições de operação.

## REFERÊNCIAS

- Churchill, S.W.; Chu, H.H.S., 1975 “Int. J. Heat Mass Transfer”, vol. 18, p. 1323
- Güths, S. et al., 1995, “Um transdutor de fluxo de calor a gradiente tangencial”, XI COBEM, Belo Horizonte, Minas Gerais, Brasil.
- Incropera, F.P.; Dewitt, D.P., 2003 “Fundamentos de Transferência de Calor e Massa”, Livros Técnicos e Científicos Editora S.A.,
- Sparrow, E.M.; Azevedo, L.F.A., 1985 “Int. J. Heat Mass Transfer”, vol. 28, p. 1847-1857.

## DECLARAÇÃO DE RESPONSABILIDADE

O autor é o único responsável pelo material impresso contido neste artigo.