

## **SIMULAÇÃO NUMÉRICA DA TRANSFERÊNCIA DE CALOR EM UM DOMÍNIO COM FLUXO DE AR QUENTE EM TORNO DE UMA PLACA METÁLICA**

**FERNANDO AUGUSTO BRANCHER<sup>1,2\*</sup>, VITOR JOSÉ PETRY<sup>1,2</sup>**

<sup>1</sup>Universidade Federal da Fronteira Sul, *Campus* Chapecó; <sup>2</sup>Grupo Pesquisas em Métodos Analíticos e Numéricos para Equações Diferenciais da Universidade Federal da Fronteira Sul

\*Autor para correspondência: Fernando Augusto Brancher (fernando.brancher@hotmail.com)

### **1 Introdução**

O trabalho desenvolvido faz parte de um estudo numérico que teve como finalidade descrever a distribuição da temperatura de uma placa metálica ao longo do tempo quando esta é submetida a um fluxo de ar quente. Esta situação está presente em inúmeras situações práticas, o que justifica tais estudos. Após definir o domínio de fluxo do ar e do corpo metálico em duas dimensões, obteve-se o perfil de velocidade do fluxo do ar utilizando um modelo baseado nas equações de Navier-Stokes previamente desenvolvido. Considerou-se que o fluxo de ar transporta calor pelo interior do domínio, ocorrendo transferência de parte desse calor para placa metálica.

### **2 Objetivo**

O trabalho de pesquisa desenvolvido durante o projeto teve como objetivo aperfeiçoar o código computacional gerado para descrever o fluxo de um fluido em torno de obstáculos sólidos, além de descrever fenômenos físicos envolvendo transferência de calor e/ou massa, através de testes e simulações.

### **3 Metodologia**

Para este estudo foi considerado um duto de comprimento  $L$  e largura  $W$ , com  $L=2W$ . No interior deste duto é colocada uma placa metálica de comprimento  $L/2$  e largura  $W/2$ . O ar é forçado a circular constantemente pelo duto da esquerda para a direita por um sistema de pressão. Com o domínio do problema definido, calculou-se o perfil de velocidade do ar a partir de um modelo previamente definido, disponível em Petry e Weber (2012). Esse perfil foi obtido a partir da resolução das equações de Navier-Stokes, usando o método SOLA, conforme Fortuna (2000). Este método consiste na obtenção das componentes da velocidade a partir de uma malha desloca de forma que estas componentes são calculadas nas “arestas” de

cada célula. Já a pressão é obtida por um processo iterativo, considerando-se o centro de cada célula. As correções espaciais são efetuadas por meio de funções de interpolação. O problema do fluxo e do aquecimento da placa foi resolvido para o caso bidimensional, sendo consideradas termicamente isoladas as paredes do duto e as fronteiras da placa que não estavam em contato com o fluxo do ar. A troca de calor entre o ar e placa metálica foi considerada nas respectivas condições de contorno. A transferência do calor no ar foi calculada através da equação do calor com seus termos convectivos e difusivos, conforme equação 1, enquanto no metal tem-se apenas o termo difusivo, conforme mostra a equação 2. A convecção acontece na parte do domínio em que circula o fluido (ar), pois nesta região a transferência do calor ocorre predominantemente através do movimento do próprio fluido. Já na placa metálica que esquenta ao entrar em contato com o fluxo de ar quente, a transferência do calor se dá pelo processo de difusão, ou seja, a transferência do calor na placa ocorre entre uma partícula e outra. Nas equações citadas,  $T_a$  é a temperatura do ar,  $T_m$  é a temperatura do metal,  $Re$  o número adimensional de Reynolds,  $Pr$  o número adimensional de Prandtl e  $\alpha$  a difusividade térmica. Os números de Reynolds e de Prandtl são adimensionais utilizados em mecânica dos fluidos que relacionam propriedades físicas presentes nos fenômenos descritos e aparecem no processo de adimensionalização das equações. O número de Reynolds é utilizado no cálculo de regime de escoamento de determinados fluidos e representa o quociente de forças de inércia por forças de viscosidade. Já o número de Prandtl é utilizado em problemas envolvendo transferência de calor e representa o quociente entre a taxa de difusão viscosa e a taxa de difusão térmica.

As equações (1) e (2) foram resolvidas numericamente através do Método de Crank-Nicolson, usando-se aproximações em diferenças finitas centradas de segunda ordem para as derivadas espaciais e adiantadas de primeira ordem para as derivadas temporais. As propriedades físicas do ar e da placa utilizados são obtidas em Incropera (1990). Considerou-se nessa solução que o perfil de velocidade se mantém inalterado ao longo de todo o processo, ou seja, não foi considerada a influência da alteração da temperatura neste perfil.

#### **4 Resultados e Discussão**

Após a discretização das equações (1) e (2) e com o perfil de velocidade definido, foi desenvolvido um código computacional para calcular a distribuição da temperatura ao longo do tempo. Em seguida foram realizadas simulações que descrevem a distribuição da temperatura no domínio definido.

As imagens apresentadas na Figura 1 representam estas simulações para diferentes valores do tempo  $t$  (adimensional). Observa-se que o ar quente aquece rapidamente a parte do domínio com fluxo do ar enquanto a placa metálica demora a esquentar. As simulações mostram que o aquecimento da placa, ocorre inicialmente nas fronteiras onde se observa a transferência de calor entre o ar e a placa, passando posteriormente este calor para seu domínio interno.

## 5 Conclusão

Analisando as imagens geradas pelas simulações os resultados foram considerados satisfatórios, tendo em vista que representam bem o perfil de distribuição da temperatura baseando-se no perfil de velocidade gerado e no problema físico em questão.

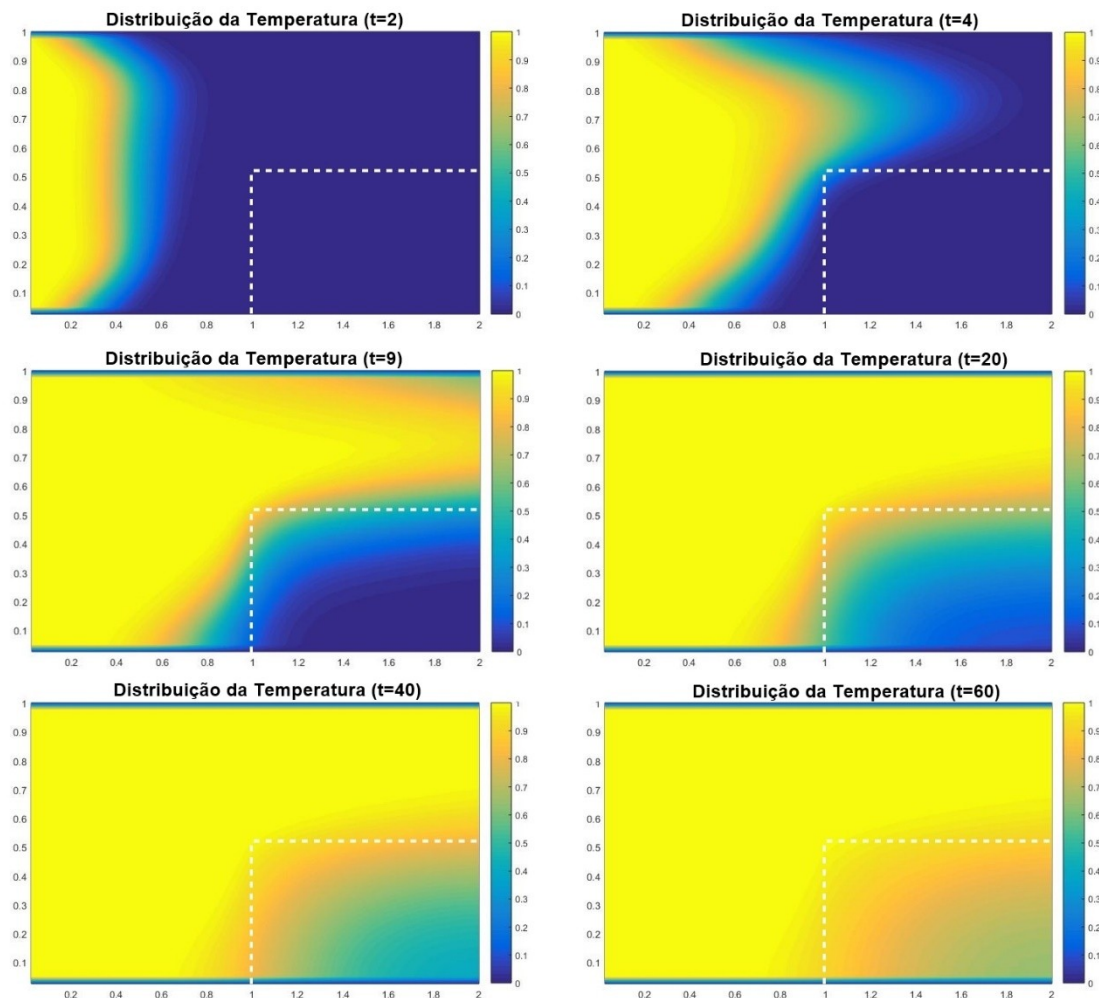
### Equação 1:

$$\frac{\partial T_a}{\partial t} = -u \frac{\partial T_a}{\partial x} - v \frac{\partial T_a}{\partial y} + \frac{1}{\Re \cdot Pr} \left[ \frac{\partial^2 T_a}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 T_a}{\partial y^2} \right]$$

### Equação 2:

$$\frac{\partial T_m}{\partial t} = \alpha \left[ \frac{\partial^2 T_m}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 T_m}{\partial y^2} \right]$$

**Figura 1.** Distribuição da temperatura ao longo do tempo  $t$  (adimensional).



**Palavras-chave:** Modelagem matemática; Fluxo de um fluido; Simulação numérica; Distribuição de temperatura.

#### Fonte de Financiamento

PRO-ICT / UFFS

#### Referências

FORTUNA, A. O. **Técnicas computacionais para dinâmica de fluidos** – conceitos básicos e aplicações. São Paulo: Edusp, 2000.

INCROPERA, A. P. **Fundamentals of heat and mass transfer**. New York: Wiley, 1990.

PETRY, V. J; WEBER, P. E. Modelagem Bidimensional do Fluxo de um Fluido em Torno de Obstáculos Sólidos. In: CONGRESSO NACIONAL DE MATEMÁTICA APLICADA E COMPUTACIONAL, 34., 2012, Águas de Lindóia. **Anais...** São Paulo: SBMAC, 2012.