

# 1º Workshop do Grupo de CFD/UFPR

## Tema: Multigrid geométrico CS em Laplace 2D

### OBJETIVOS

- [1] Para um problema e modelo numérico fixos (ou seja, que atendam exatamente a todos os parâmetros especificados abaixo), verificar o efeito da programação computacional sobre o desempenho de um método multigrid.
- [2] Estabelecer um algoritmo multigrid de referência no grupo de CFD da UFPR.
- [3] Verificar qual programa é mais rápido, ou seja, que resulta no menor tempo de CPU.
- [4] Verificar qual programa é mais eficiente em termos de memória RAM, isto é, qual programa precisa da menor memória RAM.
- [5] Verificar qual programa tem o algoritmo mais eficiente, ou seja, que tem o menor fator de convergência.

### Definição do problema

Equação de Laplace 2D: 
$$\frac{\partial^2 T}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 T}{\partial y^2} = 0$$

Condições de contorno:  $T(x,1) = \text{sen}(\pi x), T(x,0) = T(0, y) = T(1, y) = 0$

Domínio de cálculo: placa quadrada de lado unitário

### Modelo numérico geral

Método numérico: Diferenças Finitas

Aproximações numéricas: Diferença central de segunda ordem (CDS-2)

Tipo de malha: Totalmente uniforme

Tamanho da malha: 1025 x 1025 nós, incluindo os nós que estão nos contornos, isto é, 1023 x 1023 nós internos a serem resolvidos

Sistema de equações: 
$$a_P T_P = a_W T_W + a_E T_E + a_S T_S + a_N T_N + b_P$$

onde 
$$a_W = a_E = \frac{1}{h_x^2}, \quad a_S = a_N = \frac{1}{h_y^2}, \quad a_P = 2 \left( \frac{1}{h_x^2} + \frac{1}{h_y^2} \right), \quad b_P = 0$$

$$h_x = \frac{1}{1024} \quad \text{e} \quad h_y = \frac{1}{1024}$$

Solver: Gauss-Seidel lexicográfico, onde

$$T_P = \left( \frac{a_W T_W + a_E T_E + a_S T_S + a_N T_N + b_P}{a_P} \right)$$

Critério de convergência: norma L1 do resíduo das equações dos nós internos, de uma dada iteração, adimensionalizada pela norma L1 do resíduo das equações com base no chute inicial

Chute inicial:  $T = 0$

Tolerância: 1.0E-7

Linguagem computacional: Fortran 95  
Precisão: dupla  
Compilador: Compaq Visual Fortran 6.6  
Tipo de projeto: Console Application  
Configuração: Release  
Microcomputador: CFD-3 (detalhes: ver Lista de Equipamentos do Grupo de CFD)  
Medição do tempo de CPU: sub-rotina intrínseca CPU\_TIME do Fortran 95  
Início da medição do tCPU: antes de qualquer inicialização e cálculo envolvendo multigrid  
Fim da medição do tCPU: logo após satisfazer o critério de convergência

## **Multigrid - componentes**

Tipo de multigrid: geométrico  
Esquema: CS  
Ciclo: V sem full-multigrid  
Suavizador: Gauss-Seidel lexicográfico  
Número de pré-suavizações: 1  
Número de pós-suavizações: 1  
Restrição: Injeção  
Prolongação: Interpolação bilinear  
Razão de engrossamento da malha: 2  
Malha mais grossa: 3 x 3 nós com contornos, isto é, apenas 1 nó interno  
Número de malhas: 10

## **Resultados a apresentar**

- 1) Tempo de CPU (segundos) necessário para resolver o problema
- 2) Memória RAM (Megabytes) máxima empregada
- 3) Número de ciclos V até a convergência
- 4) Valor da norma L1 do resíduo das equações com base no chute inicial
- 5) Valor da norma L1 do resíduo das equações dos nós internos, da última iteração, adimensionalizada pela norma L1 do resíduo das equações com base no chute inicial
- 6) Valor do fator de convergência médio entre a iteração zero e a última, definido na equação 2.5.2, página 54, do livro de Trottenberg et al. (2001)
- 7) Dentro de sua pasta principal no micro CFD-11, criar uma pasta com seu nome seguido de Workshop1CFD. Colocar dentro desta pasta todos os arquivos (fontes, dados, resultados, etc) empregados na solução do problema, bem como um arquivo do Word com os valores resultantes para os 6 itens acima.

**PRAZO:** até 3 de abril, sexta-feira

### **Promoção:**

Grupo de Dinâmica dos Fluidos Computacional (CFD) da UFPR (<ftp://ftp.demec.ufpr.br/CFD>)