

# Programação para Alto Desempenho

## Segunda Prática

2019-08-23

Sejam  $\mathbf{A}$ ,  $\mathbf{B}$  e  $\mathbf{C}$  matrizes quadradas  $N \times N$ . Representamos por  $a_{ij}$ ,  $b_{ij}$ ,  $c_{ij}$ , respectivamente, seus elementos na linha  $i$  e coluna  $j$ .  $\mathbf{C}$  é o produto de  $\mathbf{A}$  com  $\mathbf{B}$  se

$$c_{ij} = \sum_{k=0}^{N-1} a_{ik}b_{kj}, \quad i = 0 \dots N-1, \quad j = 0 \dots N-1.$$

1. Escreva um programa de produto de matrizes usando uma implementação direta da definição de produto acima (para cada valor de  $ij$  calcula-se a soma de todos os produtos  $a_{ik}b_{kj}$ , colocando o resultado em  $c_{ij}$ ). Os elementos das matrizes devem ser de *ponto flutuante de precisão dupla* e o número de linhas e colunas das matrizes (use matrizes quadradas) deve ser fornecido como um parâmetro ao programa. As matrizes  $\mathbf{A}$  e  $\mathbf{B}$  devem ser inicializadas com valores aleatórios entre 0 e 1. *Temporize apenas a parte do programa que realiza o produto*. Não escreva os valores dos elementos da matriz resultante. Compile o programa com otimização (-O2).
2. Execute o programa para os seguintes valores de  $N$ : 100, 200, 500, 1000 e 1500. Realize 10 execuções para cada tamanho, para calcular média dos tempos. Plote num gráfico linear e num gráfico log-log a média dos tempos. Explique a forma da curva e se o crescimento do tempo com  $N$  está de acordo com o esperado.
3. Faça um novo programa de produto de matrizes, preparado da seguinte forma: antes de realizar o cálculo do produto, a matriz  $\mathbf{B}$  é transposta *in-place* (isto é, usa-se o espaço da própria matriz para a transposição); *no cálculo do produto, os loops devem ser adequados levando em consideração que  $\mathbf{B}$  está transposta*. Após o cálculo, transponha novamente a matriz  $\mathbf{B}$  para ela retornar ao estado original. *Temporize as transposições juntamente com o produto*. Este programa realiza mais operações do que o do item anterior? Execute para os mesmos valores de  $N$  do item anterior e produza gráficos similares. Compare os resultados e explique a diferença.
4. Implemente uma terceira versão do produto de matrizes, rearranjando os `for` da seguinte forma: primeiro se inicializam em zero todos os valores de  $c_{ij}$  em um duplo `for`; em seguida se percorrem os índices na ordem  $i, k, j$ , isto é, para cada valor de  $i, k$ , calculam-se os valores de  $a_{ik}b_{kj}$  para todos os  $j$ , somando-os nos respectivos  $c_{ij}$ . Temporize essa nova versão (incluindo a inicialização com zero) para os mesmos tamanhos de matrizes e gere gráficos similares. Compare com os resultados anteriores e explique.

Você pode aproveitar a estrutura de leitura de linha de comando e temporizações usada nos códigos da prática anterior (ordenação).

Nada precisa ser entregue por enquanto. A entrega será realizada em conjunto com a próxima prática.