

Proceeding Series of the Brazilian Society of Computational and Applied Mathematics

Aspectos da paralelização da solução numérica da equação de transporte de nêutrons unidimensional

Júlia Domingues Lemos¹

Instituto de Matemática e Estatística, Programa de Pós-Graduação em Matemática Aplicada, UFRGS, Porto Alegre, RS

Liliane Basso Barichello²

Instituto de Matemática e Estatística, Programa de Pós-Graduação em Matemática Aplicada, UFRGS, Porto Alegre, RS

Rudnei Dias da Cunha³

Instituto de Matemática e Estatística, UFRGS, Porto Alegre, RS

1 Introdução e discretização

A equação linear de Boltzmann descreve o transporte de nêutrons em meios materiais a partir de um balanço de partículas (equação (1) de [3]). Neste trabalho a aproximação em ordenadas discretas da equação foi tratada com discretização e varredura na variável espacial. O método base utilizado foi o *Source Iteration* (SI) [1] e suas versões com aceleradores, *Diffusion Synthetic Acceleration* (DSA) [1] [3] e *Coarse Mesh Finite Differences* (CMFD) [3]. O método de ordenadas discretas aproxima a equação com respeito à variável angular e utiliza a quadratura de Gauss-Legendre (nós e pesos μ_m e ω_m) para expressar o termo integral e em seguida discretizar a variável espacial em células de tamanho h_j ,

$$\frac{\mu_m}{h_j}(\psi_m(x_{j+1/2}) - \psi_m(x_{j-1/2})) + \sigma_T \psi_m(x_j) = \frac{1}{2} \sigma_S \sum_{n=1}^N \bar{\psi}_n(x_j) \omega_n(x) + Q(x), \quad (1)$$

na qual σ_S é a seção de choque macroscópica de espalhamento, σ_T é a seção de choque macroscópica total, ψ é o fluxo angular de nêutrons, $Q(x)$ é uma fonte conhecida e μ é o cosseno do ângulo formado pela direção na qual a partícula viaja com o eixo do domínio da variável espacial. Ainda, $\psi_m(x_{j+1/2})$ e $\psi_m(x_{j-1/2})$ são os fluxos angulares nas paredes da célula j e $\bar{\psi}_m$ é o fluxo angular médio no interior de cada célula, dado por $\bar{\psi}_m(x_{j\pm 1/2}) = \frac{1}{h_j} \int_{x_{j-1/2}}^{x_{j+1/2}} \psi_m(x) dx$. Também é relevante ressaltar que a varredura é feita utilizando o método *Diamond Difference*, descrito na equação (3) de [3], e que o fluxo escalar ϕ é aproximado na posição x como $\phi(x) = \sum_{n=1}^N \psi_n(x) \omega_n$.

¹juliahdomingues@hotmail.com

²lbaric@mat.ufrgs.br

³rudnei.cunha@ufrgs.br

Os métodos foram implementados por Daniella M. Schulz em seus estudos de doutorado e paralelizados neste trabalho. Todos os três métodos citados acima fazem uso de uma varredura do domínio, feita inicialmente da esquerda para a direita, e em seguida no sentido contrário. Estas varreduras não são amigáveis a paralelizações em função das dependências dos fluxos calculados nas células anteriores, mas podem, no entanto, ser calculadas independentemente utilizando a diretiva `!OMP SECTIONS` [2].

No SI ainda é possível dividir cada uma das varreduras em dois blocos com metade do tamanho do domínio. Esta divisão aumenta o número de iterações, mas é executada em menos tempo. Para isto, adotamos a estratégia de atribuir a $\psi_m(\lceil \frac{L}{2h_j} \rceil_{j+1/2})$ uma estimativa inicial para que a varredura ocorra. Os métodos DSA e CMFD efetuam correções em ϕ e por isso a estratégia adotada foi executar as varreduras para a esquerda e para a direita independentemente. Deste modo o número de iterações até a convergência não muda. Todos os trechos de código dentro da iteração que não são parte da varredura foram distribuídos utilizando as diretivas `!OMP DO` ou `!OMP WORKSHARE`.

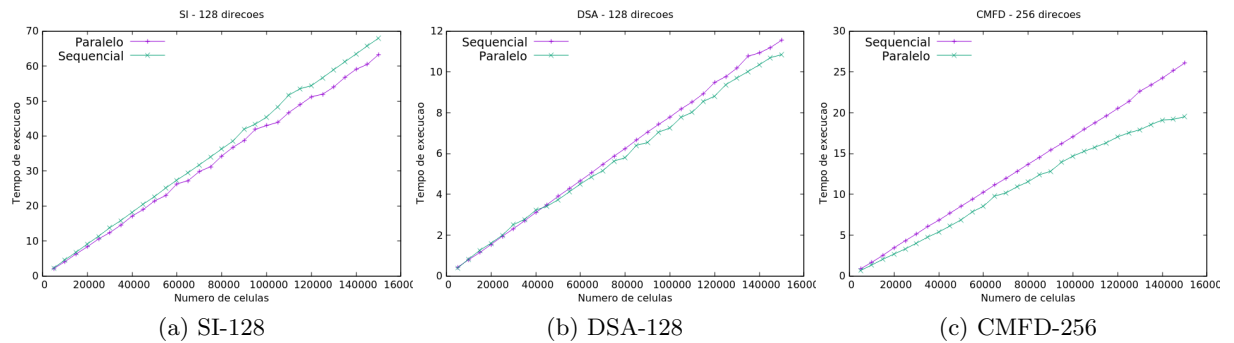


Figura 1: Tempo de execução (em segundos) para número de direções fixo.

O problema testado é unidimensional, monoenergético, estacionário, com espalhamento isotrópico. O domínio é homogêneo de comprimento $L = 10\text{cm}$, seções de choque total e de espalhamento $\sigma_T = 1\text{cm}^{-1}$, $\sigma_S = 0.8\text{cm}^{-1}$, fonte $Q(x) = 0$, condições de contorno $\psi_m(0) = \psi_m(10) = 1$, tolerância $\epsilon = 10^{-10}$ e foi executado em um processador de 4 núcleos com um máximo de 8 *threads*.

Referências

- [1] M. L. Adams, E. W. Larsen. Fast iterative methods for discrete ordinates particle transport calculations. *Progress in nuclear energy*, 40(1):3 – 159, 2002
- [2] M. Hermanns, Parallel programming in Fortran 95 using OpenMP. *Universidad Politécnica de Madrid*, Espanha, 2002.
- [3] E. W. Larsen, B. W. Kelley. CMFD and coarse-mesh DSA. *Proc. PHYSOR Advances in Reactor Physics Linking Research, Industry, and Education*, Knoxville, Tennessee, EUA, 15 – 20 de abril, 2012.