

Proceeding Series of the Brazilian Society of Computational and Applied Mathematics

Implementação do Método VOF no HIG-FLOW

Gustavo Alexandre Sousa Miziara ¹
Aquisson Theyllon Gomes da Silva ²
Juniormar Organista ³
Antônio Castelo Filho ⁴

Instituto de Ciências Matemáticas e de Computação, USP, São Carlos, SP

Em Mecânica dos Fluidos Computacional é comum deparar-se com fenômenos envolvendo escoamentos multifásicos, como em processos de segregação de petróleo, tensão superficial em bolhas ou problemas envolvendo sistemas biológicos. Tendo em vista estas aplicações, algumas abordagens foram propostas, dentre as quais destacam-se os métodos Front Tracking, Volume of Fluid (VOF) e Level-Set.

O HIG-FLOW é um código, ainda em desenvolvimento no ICMC, que resolve as equações de Navier-Stokes incompressível em domínios cartesianos (retangulares), com condições de contorno de Neumann ou Dirichlet, utilizando o arranjo MAC (marker and cell) em suas células computacionais, pela técnica das diferenças finitas. A HIG-TREE é uma biblioteca acoplada ao HIG-FLOW que trabalha com as interpolações e acesso aos elementos da malha do domínio. O seu diferencial está na adaptatividade, em que o usuário pode definir diferentes níveis de refinamento no domínio, permitindo-lhe lidar com geometrias complexas ou problemas de convergência em zonas específicas, economizando memória e processamento. Devido a natureza mais geral da malha, um esquema de interpolação baseado no Método dos Mínimos Quadrados Móveis foi desenvolvido. Um exemplo deste tipo de malha pode ser visto na figura 1.

Neste trabalho, será implementado o método VOF [1] devido ao seu conceito simples (facilmente codificável), tratamento eficiente da interface, pouca memória requerida, precisão na conservação da massa, além de ser facilmente estendido para três dimensões [1–3]. Considere-se um escoamento bifásico composto pelas fases imiscíveis 0 e 1. Então a equação do transporte da fração de volume da fase 0 (denotada por f) é dada por:

$$\partial_t f + \nabla \cdot \mathbf{u}f = 0 \quad (1)$$

Para a reconstrução e advecção da interface, pretende-se adotar a classe PLIC (piece-wise linear interface calculation) do VOF. Objetiva-se a inserção/validação do caso bifásico no HIG-FLOW, sendo simulado o clássico problema da bolha ascendente num canal 2D [4–6]:

¹gustavo.miziara@usp.br

²aquisson@usp.br

³juniormarorganista@usp.br

⁴castelo@icmc.usp.br

$$\partial_t \mathbf{u} + \mathbf{u} \cdot \nabla \mathbf{u} = -\rho^{-1} \nabla p + (\rho Re)^{-1} \nabla \cdot (\mu (\nabla \mathbf{u} + \nabla^T \mathbf{u})) + (\rho Bo)^{-1} \kappa \mathbf{n} \delta + |\mathbf{g}|^{-1} \mathbf{g} \quad (2)$$

$$\nabla \cdot \mathbf{u} = 0 \quad (3)$$

$$\partial_t f + \nabla \cdot (\mathbf{u} f) = 0 \quad (4)$$

Sendo Re o número de Reynolds, Bo o número de Bond (ou Eötvös)

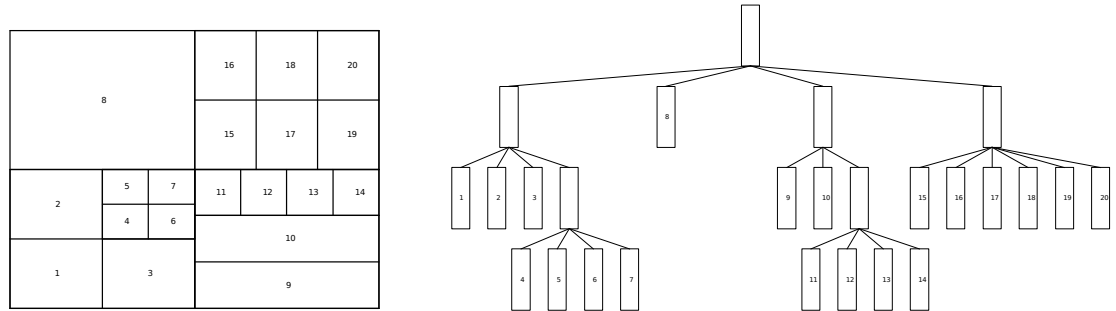


Figura 1: As figuras acima ilustram a idéia da HIG-TREE: uma árvore na qual as folhas são as células do domínio (em vários níveis de refinamento) discretizado

Referências

- [1] HIRT, Cyril W.; NICHOLS, Billy D. *Volume of fluid (VOF) method for the dynamics of free boundaries*. Journal of computational physics, v. 39, n. 1, p. 201-225, 1981.
- [2] PUCKETT, Elbridge Gerry et al. *A high-order projection method for tracking fluid interfaces in variable density incompressible flows*. Journal of computational physics, v. 130, n. 2, p. 269-282, 1997.
- [3] SCARDOVELLI, Ruben; ZALESKI, Stéphane. *Direct numerical simulation of free-surface and interfacial flow*. Annual review of fluid mechanics, v. 31, n. 1, p. 567-603, 1999.
- [4] HUA, Jinsong; LOU, Jing. *Numerical simulation of bubble rising in viscous liquid*. Journal of Computational Physics, v. 222, n. 2, p. 769-795, 2007.
- [5] HYSING, S. et al. *Proposal for quantitative benchmark computations of bubble dynamics*. International Journal for Numerical Methods in Fluids, 2007.
- [6] CLIFT, Roland; GRACE, John R.; WEBER, Martin E. *Bubbles, drops, and particles*. Courier Corporation, 2005.