

Simulação de Vazamentos Submarinos: Modelagem de Escoamentos Bifásicos com o OpenFOAM

Luísa Castello Neves¹

TEQ/UFRJ, Niterói, RJ

Malú Grave²

PGMEC/UFRJ, Niterói, RJ

A exploração de óleo e gás em águas profundas desempenha um papel fundamental na economia global e no suprimento energético. No entanto, essa atividade apresenta desafios significativos relacionados à segurança ambiental, principalmente devido aos riscos de vazamentos em dutos submarinos. Nesse sentido, esses vazamentos podem causar danos irreparáveis ao ecossistema marinho, que afetam a biodiversidade, os recursos naturais e as comunidades costeiras. Assim, o monitoramento e controle desses vazamentos são essenciais para minimizar seus impactos ambientais e garantir a segurança das operações.

Para compreender melhor o comportamento dessas ocorrências, a dinâmica de fluidos computacional (CFD) tem se consolidado como uma ferramenta valiosa, e permite a simulação detalhada de escoamentos multifásicos e a previsão da dispersão dos fluidos no meio aquático. Neste trabalho, o software OpenFOAM [4] foi utilizado para modelar escoamentos bifásicos em geometrias bidimensionais, visando aprimorar a representação de fenômenos relevantes aos vazamentos submarinos. Desta forma, foi analisado o vazamento de uma bolha de gás na água do mar, que começou simples, com uma simulação 2D a fim de se familiarizar com sistemas bifásicos no OpenFOAM. Além disso, há intenção de estender o estudo sobre o caso, para simulações 3D e mais realistas.

O OpenFOAM é um software código-fonte aberto e em linguagem de programação C++, utilizado para desenvolvimento e resolução de problemas de dinâmica de fluidos computacional (CFD). Por conta do CFD, que é capaz de prever e analisar o comportamento dos fluidos em diferentes contextos, tornou-se possível simular diversos tipos de escoamento sem a necessidade de testes físicos, que são custosos e demorados.

Dessa maneira, foi realizado um estudo das ferramentas e metodologias disponíveis no OpenFOAM para a modelagem de escoamentos multifásicos, seguido da implementação de um caso clássico da literatura para avaliar a capacidade do software em reproduzir resultados de referência. O caso é o benchmark da bolha ascendente, que já foi estudo por diversos autores [1]. O caso estudado envolve a interação entre duas fases imiscíveis sujeitas à gravidade, considerando diferentes parâmetros físicos relevantes. As simulações foram conduzidas utilizando o modelo Volume de Fluido (VOF) [2] para a captação da interface entre as fases, aliado à solução das equações de Navier-Stokes pelo método dos volumes finitos. O benchmark simulado proposto por Hysing [3] acompanha a evolução de uma bolha ascendente em uma coluna de líquido com a configuração inicial indicada na figura 1. A configuração inicial consiste em uma bolha circular de raio $R = 0.25$ m, centrada em $[0.5, 0.5]$ m em um domínio retangular de $[1 \times 2]$ m. A condição de contorno de não deslizamento é aplicada nas fronteiras superior e inferior, enquanto a condição de deslizamento livre é imposta nas paredes verticais.

¹luisacastello@id.uff.br

²malugrave@id.uff.br

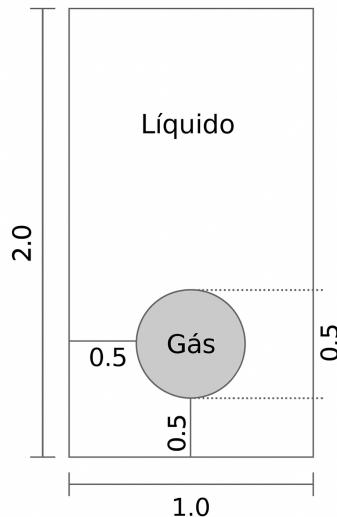


Figura 1: Configuração inicial e condições de contorno do caso da bolha ascendente. Fonte: adaptado de [1].

Os resultados foram comparados com dados experimentais e numéricos da literatura, permitindo validar a implementação adotada e identificar suas limitações. A análise dos dados obtidos possibilitou um avanço na compreensão da interação entre fluidos imiscíveis e na avaliação da precisão dos métodos numéricos empregados.

Este estudo reforça a importância de ferramentas computacionais, como o OpenFOAM, na simulação de escoamentos multifásicos, demonstrando seu potencial para investigar fenômenos complexos, como vazamentos submarinos. Além disso, os resultados obtidos representam um ponto de partida para investigações mais avançadas, que poderão contribuir para o desenvolvimento de abordagens mais eficientes na modelagem de escoamentos bifásicos, fornecendo subsídios para aprimorar estratégias de mitigação e monitoramento ambiental.

Referências

- [1] M. Grave, J. J. Camata e A. L. G. A Coutinho. “A new convected level-set method for gas bubble dynamics”. Em: **Computers & Fluids** 209 (2020), p. 104667.
- [2] C. W. Hirt e B. D. Nichols. “Volume of fluid (VOF) method for the dynamics of free boundaries”. Em: **Journal of computational physics** 39.1 (1981), pp. 201–225.
- [3] S. Hysing, S. Turek, D. Kuzmin, N. Parolini, E. Burman, S. Ganesan e L. Tobiska. “Quantitative benchmark computations of two-dimensional bubble dynamics”. Em: **International Journal for Numerical Methods in Fluids** 60.11 (2009), pp. 1259–1288.
- [4] H. Jasak, A. Jemcov, Z. Tukovic et al. “OpenFOAM: A C++ library for complex physics simulations”. Em: **International workshop on coupled methods in numerical dynamics**. Vol. 1000. Dubrovnik, Croatia). 2007, pp. 1–20.