

## **SIMULAÇÃO NUMÉRICA DA TRANSIÇÃO CHURN-ANULAR EM ESCOAMENTOS BIFÁSICOS LÍQUIDO-GÁS VERTICAIS**

Willian Meier<sup>1</sup>, Marcus Vinícius Canhoto Alves<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Acadêmico do Curso de Engenharia Mecânica – CCT – Bolsista PROBIC

<sup>2</sup> Orientador, Departamento de Engenharia Mecânica – CCT – marcus.alves@udesc.br

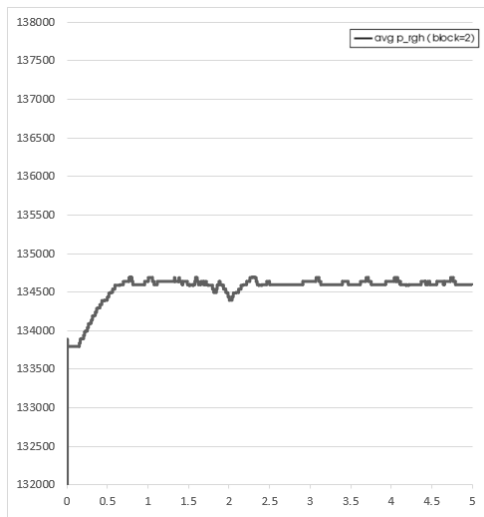
Os escoamentos bifásicos (líquido-gás ou líquido-líquido) possuem diversas aplicações e são amplamente empregados no ramo da engenharia. Como por exemplo na indústria do petróleo, na indústria química e na nuclear. Define-se escoamento bifásico como aquele que é composto por duas fases que podem ser distinguidas de maneira macroscópicas, neste trabalho utilizou-se água e ar atmosférico padrão. Os padrões de escoamento são classificados de acordo com o título mássico, ou seja, a fração mássica da fase gás. O objetivo é estudar a transição entre o padrão *churn*, que segundo Barbosa (2010) é quando o gás escoar na ascendente e o líquido, deslocado para a parede do local, escoar de forma caótica, e o Anular, neste caso o gás escoar pelo núcleo central e o líquido reveste, como um filme, a parede do tubo.

Devido à complexidade deste modelo, é necessário o uso de simulações numéricas para a análise do seu comportamento. Neste trabalho foram utilizados dois modelos de turbulência, LES (*Large Eddy Simulation*) e RANS (*Reynolds Averaged Navier-Stokes*), e ambos foram simulados no software OpenFOAM, pois é gratuito, com código aberto e amplamente utilizado para este tipo de simulação. Foi utilizado como base para as simulações o modelo desenvolvido por Salles (2020), que consiste em cilindro de 1,682 [m] de comprimento e 0,0318 [m] de diâmetro interno.

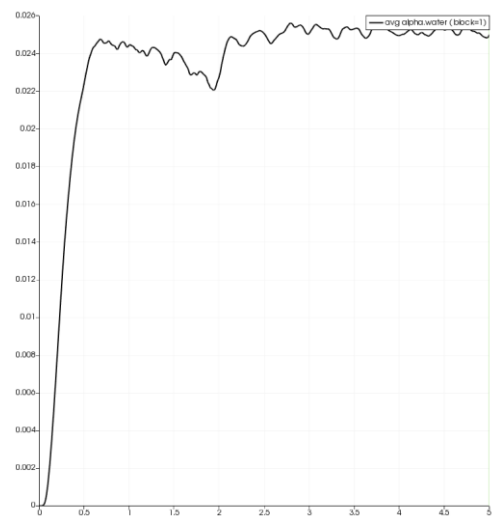
A primeira metodologia empregada foi a LES com o modelo proposto por Smagorinsky (1963). Neste caso a ideia é simular apenas as grandes escalas da turbulência, ou seja, as partes que transportam a maior parte da energia, e modelando as menores. Este modelo sustenta-se no equilíbrio local, onde a produção de tensões turbulentas seja igual à dissipação. Após a simulação, gerou-se gráficos utilizando o programa ParaView, os resultados para a pressão em 0,0385 [m] e para a fração de água,  $\alpha$ , podem ser vistos nas figuras 1 e 2, respectivamente.

A segunda metodologia usada foi RANS com o modelo V2f, proposto por Lien e Kalitzin (2001). A ideia do modelo é decompor a velocidade em uma componente média e outra flutuante. Após a aplicação das equações de Navier-Stokes, surge um tensor extra, intitulado de tensor de Reynolds, que deve ser modelado para resolver as equações. Após a simulação, foram gerados os mesmos gráficos que para o caso LES, a fim de fazer uma comparação entre os métodos, figuras 3 e 4.

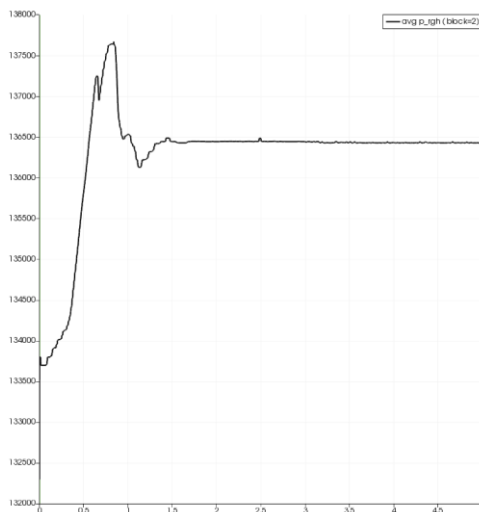
Após analisar os gráficos, percebe-se que para a pressão, o caso LES estabiliza um pouco antes e sua variação inicial é menor, porém após estabilização, o caso RANS apresenta menores desvios nos valores. Para a fração de água, comportamentos semelhantes a pressão são observados.



**Figura 2.** Pressão em 0,385 [m], LES  
Fonte: O autor



**Figura 1.** Alpha água, LES  
Fonte: O autor



**Figura 3.** Pressão em 0,385 [m], RANS  
Fonte: O autor



**Figura 4.** Alpha água, RANS  
Fonte: O autor

- Barbosa Jr., J. R. Aspectos Fenomenológicos e Modelagem de Escoamentos Bifásicos Gás-Líquido. In: Apostila da 1ª Escola Brasileira de Escoamentos Bifásicos. 1. ed. [S.l.]: ABCM, 2010. p. 73.
- Salles, Marcos Vinícius, Numerical simulation of the vertical annular gas liquid two-phase flow 2020. 80 p. Dissertação (Mestrado) - Universidade do Estado de Santa Catarina, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica, 2020.
- Smagorinsky, Joseph (1963). "General Circulation Experiments with the Primitive Equations". Monthly Weather Review. 91 (3): 99–164.
- F.S. Lien and G.Kalitzin. "Computations of transonic flow with the v2-f turbulence model." *International Journal of Heat and Fluid Flow*, 22(1):53–61, 2001.

**Palavras-chave:** Escoamentos bifásicos verticais, transição *churn*-anular, CFD-VOF, escoamentos transientes