

Análise Espectral de Padrões de Turbulência e Vorticidade em Dutos Obtidos por Simulação Numérica Utilizando OpenFoam

Fábio Rodrigues Santos (Doutorado - MCTI), rfabio10@gmail.com;

Ivan Costa da Cunha Lima (Orientador - UERJ), ivandacunhalima@gmail.com;

André Telles da Cunha Lima (Coorientador - UFBA), atcl@ymail.com;

Murilo Pereira de Almeida (Coorientador - UFC), murilo@fisica.ufc.br;

Faculdade SENAI CIMATEC

Palavras Chave: *Turbulência, Vorticidade, OpenFOAM.*

Introdução

A Dinâmica dos Fluidos é o ramo da ciência aplicada que se preocupa com o movimento dos líquidos e gases e que vem despertando grande interesse na comunidade científica. Tais movimentos geralmente referidos como "escoamento", trazem um conceito que descreve como se comportam os fluidos e como eles interagem com o seu ambiente envolvente, por exemplo, o escoamento de água ou óleo através de um canal ou tubo, ou sobre uma superfície.

Muitos escoamentos que ocorrem nas aplicações práticas em engenharia, ou mesmo na vida cotidiana são turbulentos, caracterizados por apresentarem flutuações de pressão e velocidade superpostas ao escoamento principal. Responsável por estas flutuações é a passagem de vórtices de várias escalas.

A proposta do trabalho é analisar o espectro de escoamento de fluidos turbulentos em dutos através de estudos realizados mediante pesquisas teóricas e simulações computacionais onde será usado o OpenFOAM, que se trata de um software que possui código aberto, para solução numérica de equações diferenciais através do Método dos Volumes Finitos, em particular, obtenção de soluções numéricas das Equações de Navier-Stokes, onde serão simulados geradores de vórtices com diversas configurações no que tange sua geometria e disposição de suas posições, estabelecendo assim parâmetros que possam ilustrar as variações de comportamento de entes físicos como velocidade, pressão e vorticidade de modo a criar modelos de simulação matemática que reflitam o comportamento de tais escoamentos.

Iniciamos a pesquisa fazendo no OpenFOAM uma simulação de uma seção transversal retangular de um duto com escoamento turbulento de um fluido incompressível e usando uma configuração de indutor de vorticidade num formato simétrico, como verificado no domínio a seguir (Figura 1).

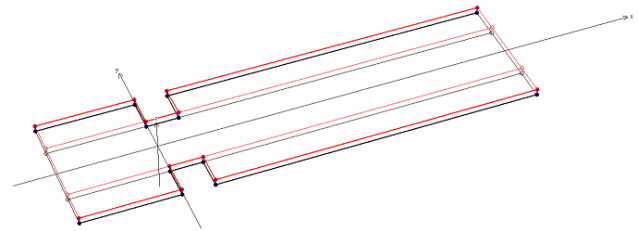


Figura 1. Imagem esquemática do domínio representativo de duto parcialmente obstruído

Resultados e Discussão

Definido a geometria e pontos do domínio, lançamos mão das ferramentas de pré-processamento do OpenFOAM para construção do mesh onde estabelecemos um comprimento (x) de 1,08m, uma altura (y) de 0,08m, e por ultimo uma profundidade (z) 0,004m, valor este pequeno o suficiente para que não ocorram alterações na análise bidimensional, já que o software trabalha em 3 dimensões. Ainda no mesh, induzimos dois obstáculos posicionados de forma simétrica com comprimento e altura 0,02m, permanecendo a mesma profundidade como ilustra a figura 1. Com a maturação da simulação, foi verificado o surgimento de vórtices após o fluido passar pelos obstáculos. Assim, com o objetivo de detectar padrões de vorticidade através da velocidade do fluido, foi criado um slice na abscissa $x=0,8$ como é mostrado na figura 2.

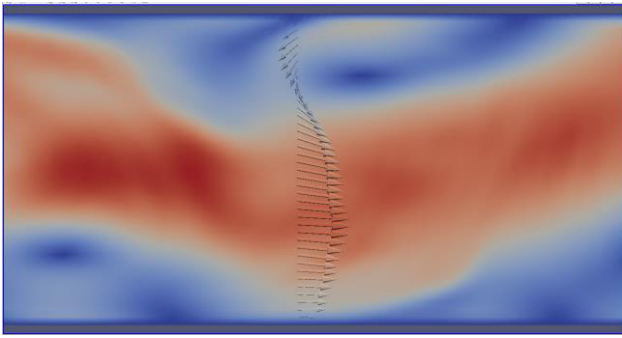


Figura 2. Vetor velocidade (U) em corte transversal de fluxo turbulento

Fixado o slice para x , dividimos a dimensão y em 9 pontos iguais e capturamos do OpenFOAM os valores da componente x da velocidade (U_x) nestes nove pontos ao longo de cada tempo usado na simulação. Em seguida foi gerado um gráfico da variação da componente U_x em função do tempo para ordenada fixada em $y=-0,03$, como vemos na figura 3.

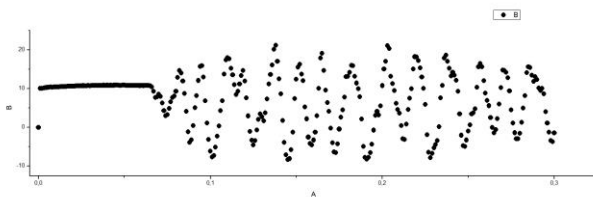


Figura 3. Gráfico U_x em função do tempo(t) em corte transversal para altura fixada.

Aplicamos em seguida a Transformada de Fourier no gráfico anterior (figura 3) com o intuito de filtrar oscilações e fazer a análise espectral através da variação da componente x da velocidade agora em função da frequência, como verificamos na figura 4.

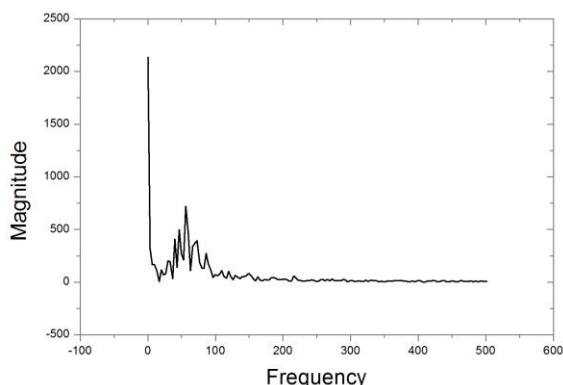


Figura 4. Transformada de Fourier $U_x(f)$ em *slice* anterior.

Detectamos assim padrões de oscilação da velocidade através de altas e baixas frequências. Onde antes no domínio do tempo tínhamos um gráfico que refletia a variação da velocidade de forma misturada, passando para o domínio da frequência conseguimos filtrar, ou seja, separar as altas e baixas frequências de ocorrência da variação de velocidade. Este estudo é ponto de partida que nos possibilita uma investigação focada em estabelecer métodos que reflitam padrões de velocidade, pressão e vorticidade dentro de uma geometria específica para transporte de fluidos.

Conclusões

Esta proposta de pesquisa surge a partir de ideias levantadas em estudos sobre Dinâmica dos Fluidos que nos proporcionaram um embasamento teórico e prático no contexto da simulação no qual mostra um vasto campo de estudo. Em particular surge como proposta a análise espectral de padrões de turbulência e vorticidade do escoamento de fluidos em um duto parcialmente obstruído através de simulação numérica computacional, que por sua vez deixa margem para delimitar fronteiras para alcance das propriedades desses escoamentos, e assim estabelecer métodos matemático que reflitam precisamente tais comportamentos.

Como motivação para aplicação surge o recorrente problema de deposição de parafinas que é um dos mais críticos problemas operacionais no transporte de óleo cru em dutos que operam em ambientes frios. Portanto, uma predição acurada da deposição de parafinas é crucial para um projeto eficiente de linhas submarinas. Infelizmente, a deposição de parafinas é um processo complexo e os mecanismos de deposição ainda não são bem compreendidos. Tendo em mãos ferramentas que nos relate o comportamento do movimento de um fluido em um duto, quando submetidos a diversas variações de obstáculos (indutor de vorticidade) nos direciona a um relato do surgimento de tais problemas.

Referências

- ¹ Schlichting H. e Gersten K., Boundary Layer Theory, 2003 8th edition Springer.
- ² Greenshields, C. J. OpenFOAM, The Open Source CFD Toolbox User Guide 2015.
- ³ Yupa L.F.P., Estudo Experimental da Deposição de Parafina em Escoamento Turbulento Dissertação de Mestrado PUC-Rio, 2010.