

Análise CFD de tubulação cilíndrica.

Fernando Barroso Vasconcelos Mendes

29 de agosto de 2020

Resumo

Nesse estudo foi realizada a análise de uma tubulação cilíndrica por meio do auxílio da dinâmica dos fluido computacional. O intuito do estudo computacional é validar os dados experimentais obtidos e melhor entender o escoamento interno.

1 Introdução

O principal objetivo do projeto é realizar um estudo numérico de uma instalação de bombeamento de água. Uma seção de tubulação de 1 metro de comprimento e 40 mm de diâmetro tem apresentado problemas. A perda de carga foi medida usando sensores de pressão, e mensurou-se uma queda de pressão de 2 Pa. A bomba que supre esta tubulação com água está operando em potência máxima. Também mediu-se a vazão deste escoamento, obtendo um valor de 0,0001 metro cúbico por segundo na saída do tubo.

A ferramenta de simulação escolhida para a realização do estudo é o Ansys CFX, pois mostra-se como código comercial adequado ao cenário a ser estudado. A finalidade do projeto é acadêmica, isto é, visa prover uma conhecimento extra à disciplina de Dinâmica dos Fluidos por meio do uso de Dinâmica dos Fluidos Computacional (CFD).

Desse modo, alguns requisitos de solução são estabelecidos para que a análise seja realizada com o devido embasamento visando minimizar possíveis erros. Logo, cabe citar a determinação da vazão volumétrica na saída da tubulação, a determinação da perda de carga e a determinação da tensão cisalhante na parede.

2 Materiais e Métodos

Antes de iniciar qualquer tipo de simulação é imprescindível atentar-se para o fenômeno físico em si visando avaliar quais hipóteses de simplificação podem ser aplicadas no cenário. Adotar ou não essa hipóteses está relacionado com a influência nos parâmetros a serem analisados, a precisão necessária nos resultados, o poder computacional envolvido e o tempo disponível para realização do estudo. Neste projeto, tendo em vista as considerações feitas, as seguintes hipóteses serão adotadas:

- Escoamento incompressível;
- Escoamento plenamente desenvolvido;

- A rugosidade do material da tubulação é desprezível;
- A tubulação não apresenta flanges;
- A troca de calor é desprezível.

Desse modo, para realizar a simulação será usado o software comercial Ansys Workbench 19.2, a geometria do problema usará o SpaceClaim, ferramenta de modelagem 3D do Ansys já incorporada ao Workbench 19.2, como solver adotará o CFX, no qual também é possível realizar o pós-processamento.

Além disso, visando facilitar a visualização dos dados, a pressão relativa na saída do tubo será considerada igual a 0, pois o interesse principal está na determinação da perda de carga e não no valor exato da pressão absoluta.

A etapa de pré-processamento foi realizada conforme as grandezas físicas calculadas teoricamente, nessa etapa foram estabelecidas condições de velocidade e pressão no domínio de simulação (condições de contorno) e parâmetros particulares do software. O poder de processamento é algo preponderante para os prazos de estudo numérico computacional de dinâmica dos fluidos, portanto, nesse contexto, em grandes projetos é comum usar-se clusters, comumente conhecidos como supercomputadores. No entanto, para esse projeto não se dispõe de tamanha capacidade computacional.

Por fim, em um projeto de CFD, a precisão necessária é um ponto importante, pois impactará diretamente na qualidade e quantidade dos elementos de malha, no poder de processamento necessário e no tempo de simulação. Logo, para esta análise adotará-se a precisão condizente com o necessário em uma indústria, tendo em vista o viés educacional do estudo, a tolerância entre o teórico e o numérico não deve exceder 10%.

3 Resultados

3.1 Teóricos

O problema estudado fornece a vazão volumétrica de água na tubulação, então, tendo em vista que a área da tubulação é constante, pode-se determinar a velocidade de escoamento utilizando a equação 1.

$$v = \frac{\dot{V}}{A} \rightarrow v = 0,0795 \text{ m/s} \quad (1)$$

O próximo passo é a determinação do número de Reynolds, coeficiente adimensional que relaciona as forças inerciais com as forças de viscosidade, por meio da equação 2, onde $\rho_w = 997 \text{ kg/m}^3$, $\mu_w = 0.89 \cdot 10^{-3} \text{ kg/m.s}$.

$$Re = \frac{\rho_w v d}{\mu_w} \rightarrow Re = 3565 \quad (2)$$

Desse modo, o número de Reynolds Re indica um escoamento de transição entre o laminar e o turbulento [1], tal fato é relevante para configuração adequada do software. Portanto, a queda de pressão nesse contexto é dada pela equação 3.

$$\Delta P_{L,T} = f \frac{L}{d} \frac{\rho_w v^2}{2} \quad (3)$$

Por fim, é necessário estimar o fator de atrito f por meio do Diagrama de Moody, porém, caso necessário, pode-se determiná-lo por meio da equação de Prandtl. Após consultar o Diagrama, o fator foi estimado em $f = 0.042$. Aplicando os valores determinados anteriormente na equação 3 encontra-se $\Delta P_{L,T} = 3.31 Pa$.

3.2 Numéricos

A geometria a ser estudada representa a região de escoamento plenamente desenvolvido que situa-se imediatamente após o comprimento de entrada, região caracterizada por um fluxo não uniforme, vide Fig. 1. Em seguida, apresenta-se a geometria da tubulação construída no SpaceClaim, conforme as dimensões especificadas, na Fig. 7.

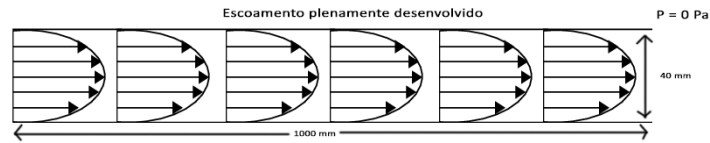


Figura 1: Esquemático da geometria.

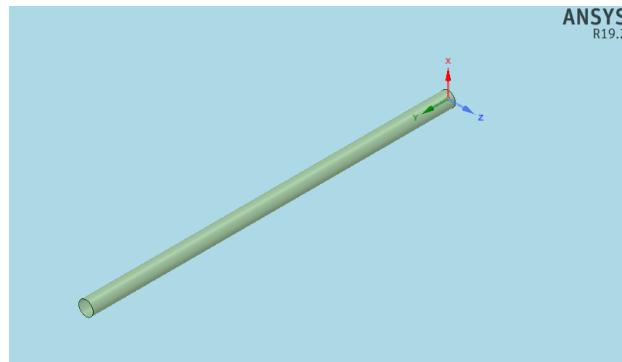


Figura 2: Vista isométrica da geometria.

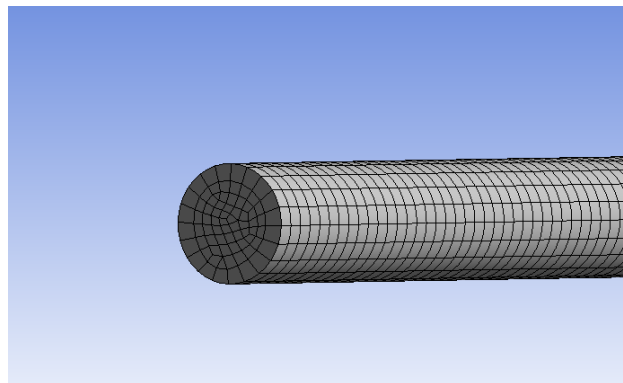


Figura 3: Malha de cálculo utilizada.

Como dito anteriormente, o escoamento encontra-se na região de transição entre laminar e turbulento, portanto, é necessária a realização da análise adotando um modelo de turbulência. Para esta simulação, o modelo escolhido foi o modelo de turbulência k-epsilon. Desse modo, as informações calculadas teóricamente são utilizadas como condições de entrada para a simulação numérica. Os resultados da simulação computacional serão apresentados na tabela abaixo.

Reynolds	Vazão volumétrica	Queda de Pressão	Tensão Cisalhante
3608	$0.001 \text{ m}^3/\text{s}$	3.10129 Pa	0.02918 Pa

Tabela 1: Resultados da simulação.

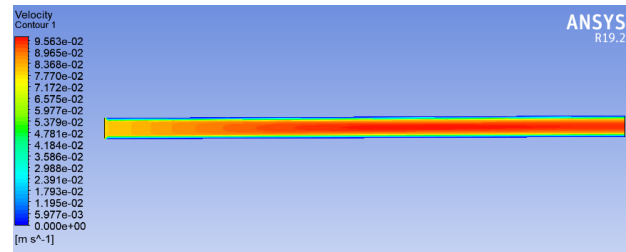


Figura 4: Contorno de velocidade

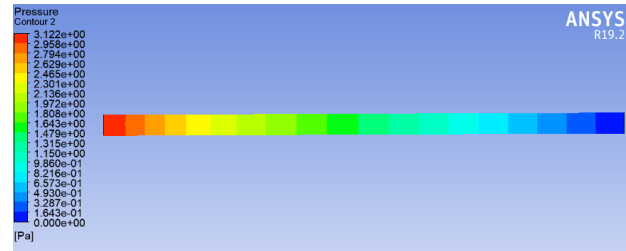


Figura 5: Contorno de pressão.

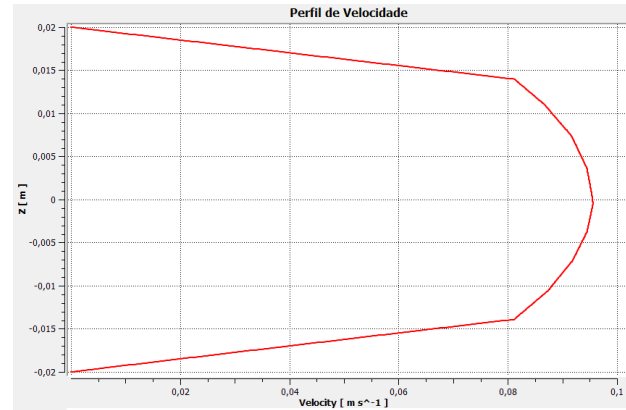


Figura 6: Perfil de velocidade no meio da tubulação.

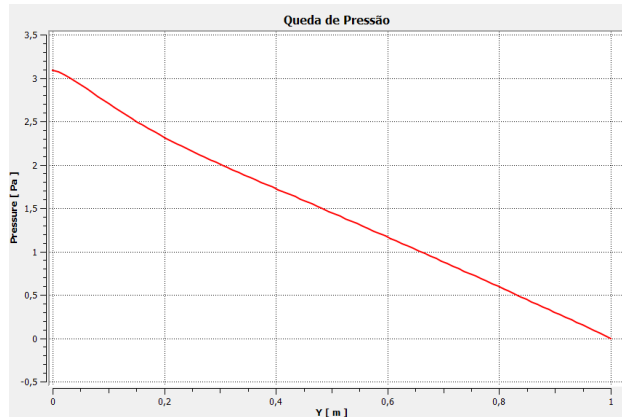


Figura 7: Queda de pressão ao longo da tubulação.

Como demonstrado acima, os resultados apresentados fazendo uso do modelo de turbulência são capazes de prover uma análise tanto qualitativa quanto quantitativa. Segundo o dado teórico calculado para a queda de pressão, a taxa de erro foi de 9,4%, a qual é plenamente aceitável para um projeto de CFD em sua segunda iteração. Desse modo, caso haja necessidade de melhorar a precisão do cálculo, é possível aprimorar a malha de cálculo utilizada.

4 Conclusão

Desse modo, foi realizado um estudo numérico de uma tubulação aplicada no bombeamento de água utilizando o código comercial Ansys CFX. Ao comparar-se os valores teóricos e numéricos com os dados experimentais do problema é possível notar uma grande discrepância nos valores da queda de pressão. Logo, conclui-se que existem erros nas dimensões da tubulação ou nas medições apresentadas para notear a análise numérica. Por fim, a simulação numérica permitiu uma análise qualitativa e quantitativa do problema, embora, nesse contexto, aplicada a um caso simples é uma ferramenta poderosíssima no âmbito da engenharia do ponto de vista de produtividade e de custos envolvidos [?].

Referências

- [1] Y. A. Cengel, *Fluid mechanics*. Tata McGraw-Hill Education, 2010.
- [2] Scientific, “Qual a importância do engenheiro na simulação computacional?” May 2019. [Online]. Available: <https://www.esss.co/blog/qual-a-importancia-do-engenheiro-na-simulacao-computacional/>