Resolução do escoamento em um furo circular utilizando a fluidodinâmica computacional

Raphael Ferreira Perez*, Paulo Vataavuk

Resumo

O presente projeto de iniciação científica possui como objetivo validar 1) a aplicação de uma abordagem computacional para calcular o coeficiente de descarga C_d , no escoamento com superfície livre, através de um furo circular vertical 2) assim como o software empregado para tal, uma ferramenta de código aberto denominada OpenFOAM. As simulações numéricas foram realizadas buscando reproduzir resultados clássicos de Lea (1938), que estudou o efeito do número de Reynolds (Re) no escoamento. Foram feitas simulações para três valores distintos de Re (40, 330 e 26000) e dois valores (0 e 2 mm) para a espessura da parede que contém o furo. Para avaliar o efeito da malha nos resultados, foi utilizado o procedimento recomendado por Celik (2008), em que são utilizadas três malhas numéricas distintas, com refinamento progressivo. Concluiu-se que as simulações apresentaram bom acordo com os resultados experimentais, respeitadas as incertezas inerentes aos cálculos numéricos.

Palavras-chave:

Fluidodinâmica computacional (CFD), coeficiente de descarga, OpenFOAM.

Introdução

Cada vez mais a utilização de recursos computacionais complementa as abordagens tradicionais de pesquisa, teórica e experimental, para a realização de estudos em Hidráulica e Mecânica dos Fluidos. Denominada CFD, a fluidodinâmica computacional emprega modelos de discretização para obter aproximações de soluções de escoamentos e, com devidos cuidados quanto à validação de resultados, possibilita simular inúmeros problemas, inclusive aqueles impraticáveis em termos de modelagem física experimental.

Dentre os vários problemas de Hidráulica, o escoamento aberto através de um furo circular é consagrado e amplamente observado em aplicações de Engenharia. Dentre os parâmetros observados, destaca-se o chamado coeficiente de descarga, C_d , utilizado para conformar vazões teóricas às de fato observadas, visto que durante escoamentos livres há formação de uma veia contraída de água, ou jato, após o elemento. Frequentemente adotado como 0.611, este coeficiente varia conforme o diâmetro do furo e a carga hidráulica sobre ele. Diferentes autores apresentam valores distintos para o mesmo em situações similares. Assim, propõe-se simular e calcular valores de C_d com o auxílio de uma ferramenta computacional de código aberto, chamada OpenFOAM, amplamente difundida entre pesquisadores, a fim de validar a utilização de recursos tecnológicos e o próprio software em pesquisas acadêmicas a nível de graduação.

Resultados e Discussão

A fim de estimar o erro associado ao coeficiente determinado em cada simulação, recorreu-se à metodologia proposta por Celik (2008); com ela inicialmente averiguou-se o conjunto de dados de Lea (1938), conforme figura 1, e para varrer um intervalo significativo de números de Reynolds, foram escolhidos: $Re = \{40; 330; 26000\}$. Com eles, simulou-se o escoamento através de um furo circular vertical de 1 cm de raio com uma vazão de 0.406 l/s; como mencionado, para cada Re executou-se três estudos, um por malha numérica, com um nível de refinamento crescente. Além disto, avaliou-se duas situações: uma com um furo de espessura nula e outra com um de 2 mm de espessura.

Figura 1. Valores calculados sobre dados de Lea (1938)

Tabela 1. Resultados obtidos conforme Re e espessura

	Re 40	Re 330	Re 26000
0 mm	0.635 ± 0.003	0.63 ± 0.01	0.5996 ± 0.0005
2 mm	0.60 ± 0.04	0.667 ± 0.005	0.600 ± 0.006

Para validar o obtido, plotou-se os pares de dados sobre a figura 1, como é possível observar acima. Nota-se que, exceto para $Re = 40$, situação em que possivelmente a viscosidade afetou o escoamento, todos os erros aferidos estão abaixo de 2% e, como as barras de erro interceptam, para a maioria dos valores obtidos, a curva teórica, verifica-se que os coeficientes concordam com o esperado teoricamente.

Conclusões

Após implementar uma metodologia informatizada de cálculo de um coeficiente de descarga hidráulico e validar os resultados obtidos, conclui-se que o objetivo proposto, de apresentar uma abordagem tecnológica e um software alternativos, foi devidamente atendido.

Agradecimentos

Os autores gostariam de agradecer o Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) e a Pró-Reitoria de Pesquisa da Universidade Estadual de Campinas por estimularem esta pesquisa.

¹ CELIK, I. B. Procedure for Estimation and Reporting of Discretization Error in CFD Applications. **Journal of Fluids Engineering**. ASME, 2008.

² LEA, F. C. **Hydraulics for engineers and engineering students**. Arnold, 1938.