

ANÁLISE DO COEFICIENTE DE TRANSFERÊNCIA DE MASSA E O USO DA FLUIDODINÂMICA COMPUTACIONAL (CFD) PARA CANAL HIDRÁULICO

Mayara de Oliveira Maia Silva¹, Eva Caroline Martins Oliveira², Erich Kellner³, Laura Maria Canno Fais⁴ e Lubienska Cristina Lucas Jaquiê Ribeiro⁵

^{1,2,4,5}Faculdade de Tecnologia da Universidade Estadual de Campinas.

³Escola de Engenharia de São Carlos (EESC) da Universidade de São Paulo (USP), Brasil.

E-mail: mayarmaia@gmail.com, evacaroline.mo@gmail.com, kellner.erich@gmail.com, laura@ft.unicamp, lubienska.ft@gmail.com

Introdução

A poluição hídrica no país tem se agravado devido ao aumento das cargas poluidoras industriais, o uso inadequado do solo e de defensores agrícolas, desmatamento, erosão, dentre outros fatores. Assim, investir na gestão da água, bem como em pesquisas e programas para reduzir emissões de efluentes e prever os impactos ambientais dessas tornam-se necessários. Neste cenário, iniciam-se os esforços para encontrar estratégias para o gerenciamento dos recursos hídricos. Com o intuito de preservar a qualidade das águas dos rios, simuladores que usam modelos matemáticos passam a ser interessantes, de forma a expressar as complexas interações ocorridas no corpo d'água receptor.

Devido ao longo prazo em projetos pilotos e altos custos em medições e monitoramentos, a modelagem e a simulação de fenômenos ambientais são uma forma simplificada de representar e avaliar determinados processos de um sistema ambiental real (Miller, 2007). Para reduzir os custos e diminuir os prazos na investigação da degradação ambiental, modelos matemáticos e simuladores são desenvolvidos com o objetivo de prever os impactos causados na qualidade das águas superficiais e subterrâneas identificando as áreas com poluição.

Ao se reproduzir o escoamento dos fluidos, do ponto de vista matemático, as resoluções das equações relacionadas ao fenômeno são altamente complexas (Averous e Fluents, 1997). Assim, o uso de recursos computacionais para resolver modelos matemáticos começou a assumir um papel mais significativo em meados de 1970.

Muitos problemas são resolvidos através da fluidodinâmica computacional, conhecida como CFD (do inglês, *Computational Fluid Dynamics*), que emprega um esquema numérico baseado em discretização por Volumes Finitos. Essa ferramenta auxilia no conhecimento do escoamento dos fluidos escoam e dos efeitos quantitativos de suas interações com estruturas sólidas. Através de simulações com o uso de CFD podem-se prever dados como consumo de potência, padrão de escoamento, a concentração de sólidos, dentre outros. É portanto, uma ferramenta poderosa para prever fluxos tridimensionais e distribuição de concentração de poluentes.

Tendo em vista a necessidade de esforços para encontrar estratégias para o gerenciamento dos recursos hídricos acerca da dispersão de poluentes no meio hídrico devido aos grandes impactos ambientais advindos dos processos de urbanização e a industrialização, propõe-se nesse trabalho o estudo da dispersão de poluentes no meio hídrico através de experimentação em laboratório e o uso da CFD. Resultados mostraram uma boa concordância entre o modelo físico e matemático.

Materiais e métodos

O trabalho foi realizado em duas partes, sendo a primeira delas ensaios experimentais realizados em canal em escala reduzida do Laboratório de Hidráulica e posteriormente a simulação em software de fluidodinâmica computacional da ANSYS versão 16.0.

Ensaio experimentais

Foram realizados testes experimentais para compreender o escoamento hidráulico ao longo do canal através da variação da vazão. Para cada vazão foram levantados os parâmetros geométricos do canal em oito pontos diferentes. Foram determinados o raio hidráulico, a área e o perímetro molhados, altura da lâmina d'água, e a velocidade. O canal tem largura igual a 0,20m. A partir destas medições foi possível determinar o número de Reynolds em cada ponto e determinar um Reynolds médio para o canal a cada vazão monitorada. E, através da ferramenta de simulação hidráulica proposta por (Machado et al., 2008), e validada por (Oliveira, 2016) foi possível levantar o coeficiente de dispersão em cada ponto do canal.

Diante dos dados obtidos foi realizada a escolha da vazão a ser utilizada para iniciar os testes com a CFD para esta pesquisa, além de limitar o trecho do canal para realização dos experimentos mais detalhados, esse trecho escolhido foi dividido em onze pontos, (P0, P1, P2, P3, ..., P10) e em cada ponto foi levantado o perfil de velocidade. A Figura 1 apresenta o canal em escala reduzida onde foi desenvolvida a pesquisa e tem as seguintes características: aproximadamente 10,75 m de comprimento, com uma calha de 0,20 m de largura e no comprimento começa na extremidade "A" com 0,24 m de altura e termina com 0,32 c de altura na extremidade "B"

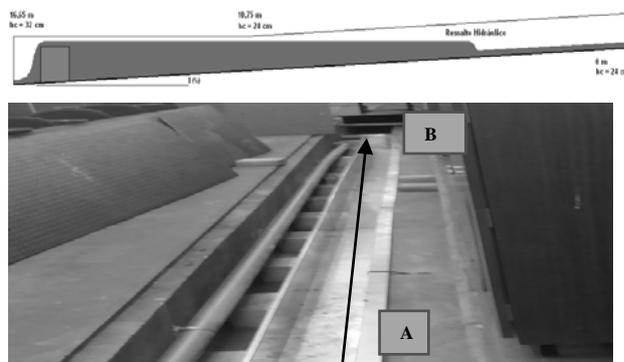


Figura 1.- Canal hidráulico estudado – Laboratório de hidráulica.

Ensaio computacionais

Para as simulações computacionais foi utilizado um computador com processador Intel® Core™ I7-4790 CPU @ 3.60GHz, com memória RAM de 16,0GB, 500 Gb de capacidade de disco rígido, também para o desenvolvimento das simulações numéricas utilizou-se as funcionalidades da ferramenta de fluidodinâmica computacional disponíveis no programa comercial ANSYS CFD. 16.0. As construções das geometrias e das malhas numéricas foram realizadas com os programas ANSYS ICEM CFD 16.0 da ANSYS Technology. As etapas para desenvolvimento das simulações estão apresentadas na Figura 2 e compreendem: (1) a identificação do problema onde são definidos os objetivos e o domínio a ser utilizado; (2) o pré-processamento onde são definidas a geometria, a malha, o equacionamento físico e os parâmetros para convergência; (3) o pós processamento onde são verificados os resultados; (4) a obtenção da solução do problema.

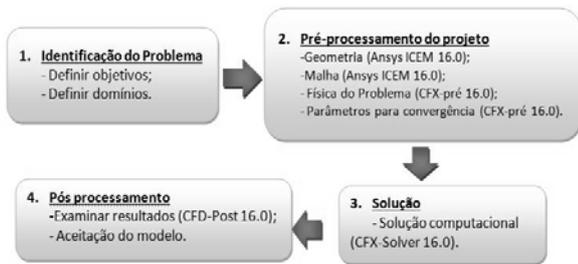


Figura 2.- Esquema Computacional.

Análise para dispersão do traçador.

Na Figura 3 mostram-se as concentrações simuladas para avaliar os resultados referentes à dispersão do traçador ao longo do canal.

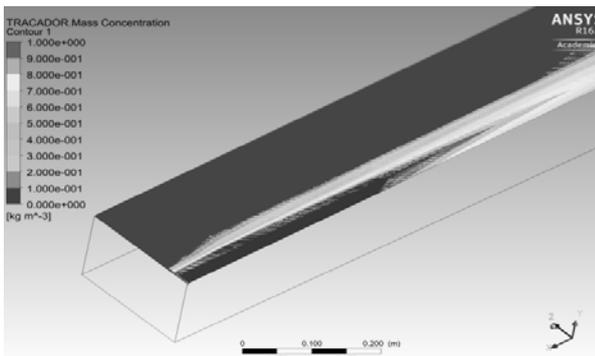


Figura 3.- Concentração do Traçador nos primeiros pontos analisados.

Nota-se, que a concentração do traçador é maior nas proximidades do seu lançamento, que ocorre no lado direito do canal e conforme o suceder da dispersão no lado direito a concentração vai decrescendo. É possível identificar a formação da pluma de dispersão do traçador, visto que tanto no centro como na extremidade esquerda do canal observa-se que com o decorrer da dispersão os valores de concentração do efluente lançado aumentam.

Comparação do ensaio experimental da dispersão do traçador com ensaio em CFD

Foi realizada a comparação dos resultados do Ensaio experimental realizado por Oliveira (2016) com a simulação computacional do canal hidráulico. Na Figura 4 é possível verificar os dados simulados pelo modelo de CFD e os dados experimentais levantados por Oliveira (2016) para o canal estudado.

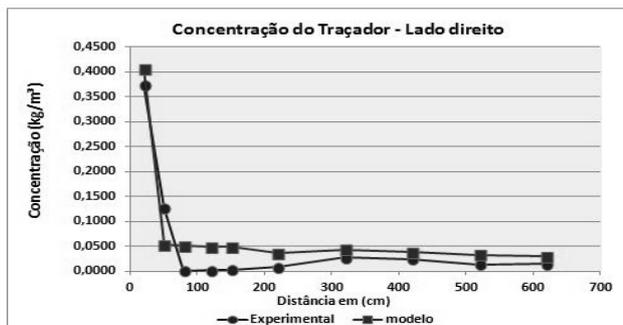


Figura 4.- Perfil de Concentração do Traçador para o lado direito.

Pode-se observar que a curva de concentração do traçador tanto para o experimental como para o modelo tiveram o mesmo comportamento, e seus valores foram altos próximo ao

lançamento e decresceu conforme o traçador percorreu o canal.

Na Figura 5 observa-se que o perfil de concentração para o modelo simulado, atingiu valores abaixo dos valores experimentais, porém esses valores não são diferentes estatisticamente. Então, pode-se verificar que o comportamento da curva do modelo simulado busca o mesmo comportamento do experimental.

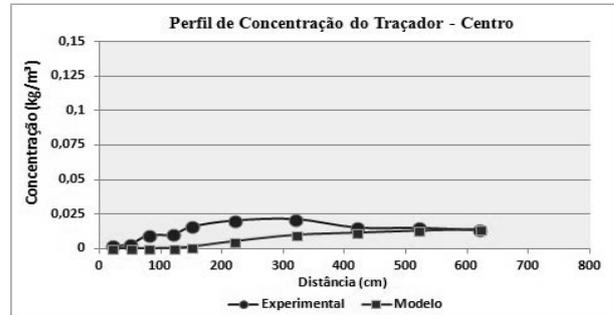


Figura 5.- Perfil de Concentração do Traçador para o centro.

Na Figura 6, ainda que já se esperasse os menores valores de concentração do traçador para o lado esquerdo, por ser o ponto do canal mais distante do lançamento sabendo que está estabelecido o escoamento, este resultou em uma diferença de valores da concentração do caso experimental para o modelo simulado. Isso pode ser justificado por ele ser de pequenas dimensões. O modelo de turbulência empregado nessa simulação foi o modelo k-ε, uma das características desse modelo é a robustez e a estabilidade numérica.

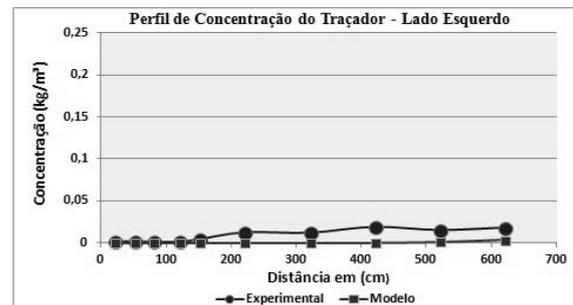


Figura 6.- Perfil de Concentração do Traçador para o lado Esquerdo.

Conclusão

Ao realizar as simulações a comparação das curvas geradas do perfil de concentração com o caso experimental, pode-se concluir que a simulação gerou resultados condizentes. Portanto, o modelo computacional foi considerado uma representação válida do fenômeno real o que possibilitou um melhor entendimento dos fenômenos envolvidos em dispersão de poluentes em canais.

Referências

- Averous, j.; Fluentes, (1997) R. Advances in the Numerical Simulation of Hydrocyclone Classification.. v. 36, n. 5, p. 309-314. Canadian Metallurgical Quartel.
- Miller, G.T. (2007) Ciência ambiental. São Paulo: Thomson Learning. 123p.
- Machado, M. B.; Furlan, L. T.; Matos, e.; Tomaz, e.; Nunhez, J. R. (2008) Software para modelagem de dispersão de efluentes em rios. Engenharia Ambiental Sanitária.
- Oliveira, E. C. M., (2016) Determinação do Coeficiente de Dispersão de um canal para validação de um software de fluidodinâmica computacional (CFD). Dissertação de Mestrado.