

A FLUIDODINÂMICA COMPUTACIONAL E A SUA APLICAÇÃO EM PROJETOS NAVAIS

JOÃO VICTOR NUNES DE SOUSA*
Engenheiro

SUMÁRIO

Introdução
Métodos para solução de problemas de engenharia
Estratégia para solução de problemas empregando
ferramentas CFD
Conclusão

INTRODUÇÃO

A solução numérica de problemas de escoamento desempenha um papel cada vez mais importante nos segmentos industrial, científico e militar. O uso de técnicas numéricas para a solução de complexos problemas de engenharia é hoje uma realidade graças ao desenvolvimento de computadores de alta capacidade de armazenamento e processamento. Essas técnicas apresentam inúmeras vantagens,

podendo resolver problemas difíceis, sem soluções analíticas exatas, e que muitas vezes não podem ser reproduzidos em experimentos, em pouco tempo e com baixo custo, quando se compara essas técnicas às experimentais.

Atualmente, as ferramentas de Fluidodinâmica Computacional, também conhecida por CFD (sigla em inglês para *Computational Fluid Dynamics*) são integradas com outras ferramentas numéricas, criando um ambiente de projeto completo,

* Mestre e graduado em Engenharia Mecânica pela Universidade Federal de Campina Grande (PB). Perito Criminal da Polícia Civil do Estado de Pernambuco.

onde os experimentos podem ser feitos apenas para ajustes finais e testes.

Nesse contexto, os projetistas navais atuais fazem extenso uso de modernas técnicas CFD, possibilitando a construção e o aperfeiçoamento de meios de altíssimo desempenho, em tempo reduzido e com menores custos.

MÉTODOS PARA SOLUÇÃO DE PROBLEMAS DE ENGENHARIA

O analista interessado em resolver um determinado problema de engenharia tem à sua disposição basicamente três ferramentas:

– Métodos analíticos

São métodos teóricos que têm a desvantagem de serem aplicados normalmente a problemas cujas hipóteses simplificadoras os desviam demais do fenômeno físico real e, comumente, só podem ser usados com geometrias simples. Um exemplo pode ser mostrado no cálculo analítico da força de arrasto F ao redor de uma esfera de diâmetro D , movendo-se a uma velocidade V , por meio de um fluido com viscosidade dinâmica μ , onde, para escoamentos com números de Reynolds¹ muito baixos (nos quais as forças de inércia podem ser desprezadas), é dada por $F = 3\pi\mu VD$. Percebe-se que essa solução analítica obtida por Stokes² tem aplicação bas-

tante limitada, inviabilizando seu uso para a maioria das situações práticas.

Em contraponto, destaca-se que as soluções analíticas são de extrema importância, pois, entre outros pontos, validam casos-limites de modelos numéricos. Vale ressaltar que se um método analítico for suficiente para resolver um problema de interesse, dentro dos níveis de precisão e exigência necessários, ele deve ser preferido, pois uma regra básica na engenharia é o uso da ferramenta adequada ao tamanho do problema que se deve resolver (MALISKA, 2004).

– Métodos experimentais

São métodos em que se avaliam os fenômenos de interesse mediante sua observação prática. A grande vantagem da experimentação é o fato de se tratar da configuração real (Figura 1), podendo-se verificar novos fenômenos. Entretanto, o seu custo é normalmente elevado, e às vezes é de impossível execução, como, por exemplo, na reentrada de veículos na atmosfera ou no comportamento dos fluidos em reservatórios de petróleo.

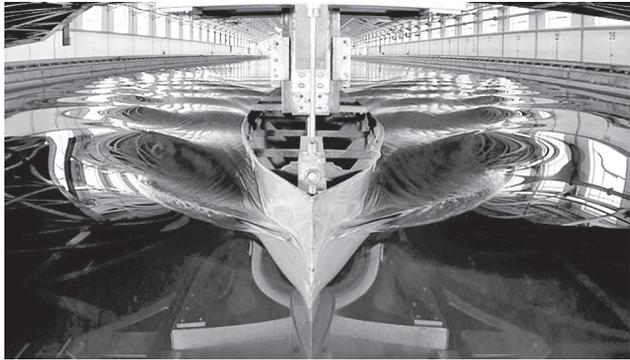


Figura 1 – Modelo de casco de embarcação sendo testado em tanque de água
Fonte: Bluebird Marine Systems (2019)

1 Número de Reynolds é um importante número adimensional usado na Mecânica dos Fluidos, representando um quociente entre forças de inércia e forças viscosas atuantes no escoamento.

2 Sir George Gabriel Stokes (1819-1903) foi um matemático e físico irlandês que distinguiu-se por inúmeras contribuições científicas relevantes, sendo sua *magnum opus* o desenvolvimento (em conjunto com Claude-Louis Navier) das equações de Navier-Stokes, que modelam o movimento dos fluidos.

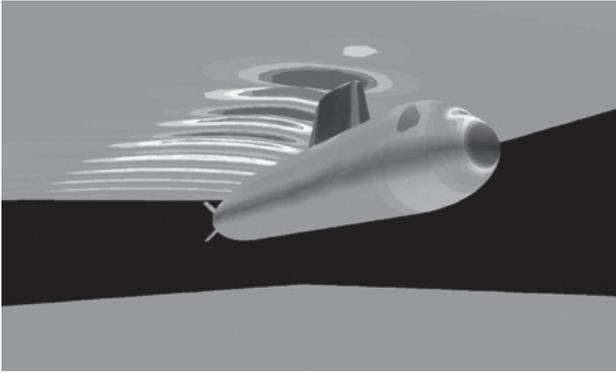


Figura 2 – Campo de pressão ao redor de um submarino, obtido por meio de simulação computacional empregando métodos numéricos
Fonte: SSPA (2020)

– Métodos numéricos

São métodos de obtenção de uma solução aproximada que praticamente não apresentam limitações, podendo resolver problemas com condições de contorno complexas (Figura 2), com excelentes níveis de precisão. O tempo e o custo do projeto de um novo equipamento podem ser sensivelmente reduzidos com o uso dessas ferramentas.

Atualmente, as ferramentas de Fluidodinâmica Computacional, ou CFD, que é o ramo da ciência que estuda numericamente problemas envolvendo a Mecânica dos Fluidos e a Transferência de Calor e Massa, são integradas com outras ferramentas numéricas, criando um ambiente de trabalho interativo, em que se chega praticamente ao projeto final de equipamentos por computadores, deixando-se para o laboratório as experiências finais de ajustes e testes. Vale ressaltar que uma metodologia numérica que não foi criteriosamente testada com soluções analíticas já existentes, ou via experimentação em laboratório, não possui validade.

Todos esses métodos numéricos utilizados para resolver problemas de escoamentos visam a alguns propósitos comuns, tais como solucionar escoamentos sobre geometrias complexas e economizar tempo computacional (ou tempo de simulação).

O grande ponto negativo das ferramentas CFD atualmente reside na escassez de profissionais qualificados nessa área de conhecimento.

ESTRATÉGIA PARA SOLUÇÃO DE PROBLEMAS EMPREGANDO FERRAMENTAS CFD

De forma resumida, a solução de um problema de engenharia empregando ferramentas CFD segue o passo a passo, mostrado na Figura 3.

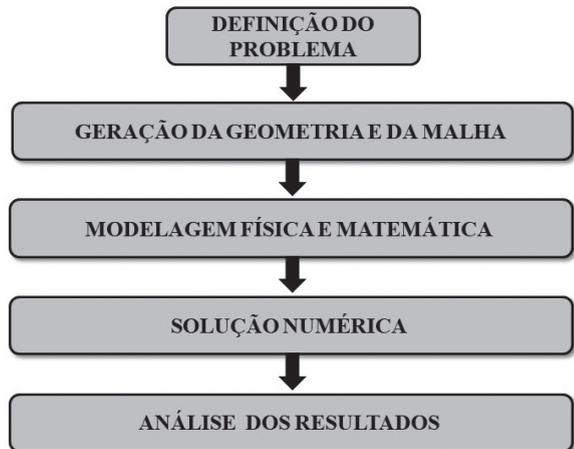


Figura 3 – Fluxograma com o passo a passo para solução de um problema de engenharia empregando ferramentas CFD

Fonte: O autor

1. Definição do problema

Consiste na descrição do problema a ser abordado, como, por exemplo, o estudo do escoamento ao redor do casco de uma embarcação de superfície operando sob determinadas circunstâncias.

2. Geração da geometria e da malha

Consiste na definição de todos os parâmetros geométricos do sistema a ser analisado e na criação de uma malha numérica sobre essa geometria, convertendo, então, o domínio de estudo contínuo (os fluidos que escoam ao redor da geometria de interesse) em um domínio discreto (Figura 4).

Em toda solução via CFD é necessário a geração de uma malha que defina, em todo o domínio computacional, as células nas quais as variáveis do escoamento serão calculadas. A precisão nesse tipo de solução depende do número de elementos e de como estes estão distribuídos na malha. Entretanto, há a necessidade de balanceio entre precisão da solução a partir de refinamento da malha e o custo computacional. A qualidade da malha possui papel fundamental na qualidade da análise, sendo a geração da mesma a etapa mais importante e que demanda mais tempo nas análises de CFD (SANTOS, 2010).

Atualmente existem diversos pacotes de CFD em uso por empresas privadas e centros de pesquisa. O método dos volumes finitos é utilizado por vários desses programas para discretizar o domínio de estudo em pequenos volumes de controle, criando a malha.

3. Modelagem física e matemática

Consiste na definição do modelo físico-matemático, das simplificações e das condições de contorno necessários para resolver o problema numericamente.

4. Solução numérica

Etapa em que o código numérico converte as equações diferenciais parciais que regem fisicamente o fenômeno estudado em equações algébricas, aplica-as a todos os volumes de controle do domínio discretizado e, resolvendo iterativamente esse sistema de equações, dá como resposta “campos de propriedades” (pressão, temperatura, fração volumétrica etc), que são a solução do problema físico.

5. Análise dos resultados

Etapa final, em que os resultados das simulações são organizados e analisados, sendo obtidas as conclusões (Figura 5). Em projetos navais, nessa etapa seriam obtidas informações como os coeficien-

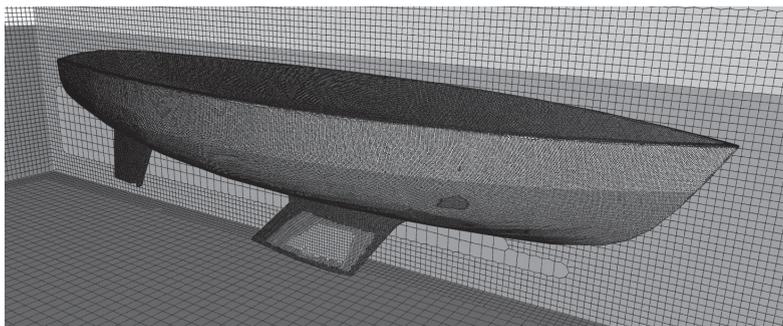


Figura 4 – Malha numérica construída para estudar o escoamento multifásico³ ao redor do casco de um navio
Fonte: SimScale CAE Forum (2020)

³ Escoamento multifásico é o escoamento simultâneo de ao menos duas fases de fluidos, como, por exemplo, ar-água e óleo-água-gás.

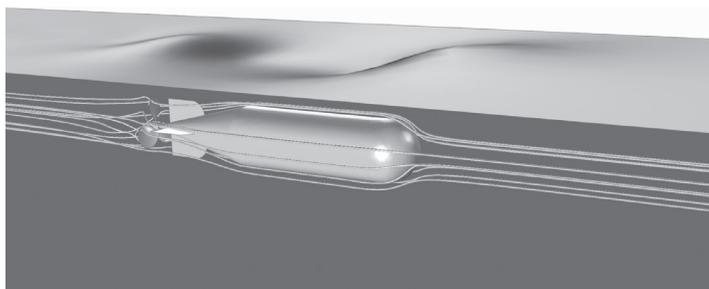


Figura 5 – Linhas de corrente de fluido ao redor de um torpedo, obtidas na etapa de análise de resultados de uma simulação computacional mediante uso de ferramentas CFD
Fonte: Comsol (2020)

tes hidrodinâmicos teóricos do sistema estudado (coeficiente de arrasto, de momento e de sustentação, por exemplo), a localização do seu centro de empuxo e a determinação das linhas de corrente de fluido ao seu redor (informação que auxiliaria na definição do ponto de fixação de propulsores e de elementos de estabilização e controle, entre outros).

capazes de prover informações em níveis de precisão e detalhamento até então impossíveis de serem obtidas. Isso tudo é feito em tempo reduzido e com menor custo, quando se compara ao uso exclusivo de métodos tradicionais de projeto (análises experimental e analítica), mostrando, então, que esse campo de estudo está na vanguarda da engenharia moderna.

CONCLUSÃO

No atual cenário de constantes avanços científicos e tecnológicos, o uso da Fluidodinâmica Computacional no auxílio ao projeto e aperfeiçoamento de meios navais é fundamental. As ferramentas CFD mostram-se

CLASSIFICAÇÃO PARA ÍNDICE REMISSIVO:

<CIÊNCIA & TECNOLOGIA>; Engenharia Naval; Inovação Tecnológica; Projeto;

REFERÊNCIAS

- BLUEBIRD MARINE SYSTEMS. Disponível em: http://www.bluebird-electric.net/oceanography/Ocean_Plastic_International_Rescue/Watertank_Reviews_Testing_Basin_Design_History.htm. Acesso em: 17 de jun. de 2019.
- COMSOL. Disponível em: <https://www.comsol.com/release/5.2/cfd-module>. Acesso em: 14 de jan. de 2020.
- MALISKA, C.R. *Transferência de Calor e Mecânica dos Fluidos Computacional*. 2ª edição, revista e ampliada. Rio de Janeiro: LTC Editora, 2004.
- SANTOS, M.M. *Simulação Numérica do Escoamento Bifásico Óleo-Água em Tubos*. Dissertação de Mestrado em Engenharia Mecânica. Universidade Federal de Itajubá, 2010.
- SimScale CAE Fórum. Disponível em: <https://www.simscale.com/forum/t/collaborative-simulation-project-multiphase-flow-around-a-boat-hull/71>. Acesso em: 11 de jan. de 2020.
- SSPA. Disponível em: <https://www.sspa.sc/naval-technology>. Acesso em: 11 de jan. de 2020.