

# SIMULAÇÃO NUMÉRICA DIRETA (DNS) DO ESCOAMENTO EM TORNO DE UM CILINDRO FIXO COM CAREAGEM HIDRODINÂMICA

Aluno: **Níkolos Feijó (nikolas.feijo@ufrgs.br)**

Orientadora: **Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Edith Beatriz Camaño Schettini (bcamano@iph.ufrgs.br)**

## INTRODUÇÃO

→ Na indústria de exploração de petróleo *offshore* (em solo marinho), o óleo geralmente é transportado do fundo do mar até a plataforma por grandes tubos cilíndricos. Esses tubos são chamados de *risers*.

Quando o escoamento em torno do cilindro atinge um determinado número de Reynolds, ocorre o desprendimento de vórtices e a formação da chamada esteira de Von Kármán.

Esses desprendimentos causam oscilações de pressão que podem diminuir consideravelmente a vida útil da estrutura. Uma maneira de diminuir os impactos do escoamento em torno dos *risers* é a instalação de supressores de vórtices (nesse caso a carenagem).



Fig. 1 – Supressores de vórtices do tipo carenagem hidrodinâmica. Fonte: <http://www.vivolutions.com/products/fairings/>

Para representar o fenômeno, foram realizadas Simulações Numéricas Diretas (*Direct Numerical Simulation - DNS*), por meio do código *OpenFoam*. O objetivo central deste trabalho é a comparação entre diversos tamanhos de carenagens, afim de entender melhor o efeito desses supressores sobre parâmetros importantes do escoamento.

## METODOLOGIA

→ O código computacional *OpenFoam* ([www.openfoam.com](http://www.openfoam.com)), código-livre, resolve as equações governantes (Navier-Stokes e equação da continuidade) pelo método dos volumes finitos. Abaixo estão expressas respectivamente essas equações:

$$\rho \left( \frac{\partial u}{\partial t} + u \frac{\partial u}{\partial x} + v \frac{\partial u}{\partial y} + w \frac{\partial u}{\partial z} \right) = -\frac{\partial P}{\partial x} + \rho g_x + \mu \left( \frac{\partial^2 u}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 u}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 u}{\partial z^2} \right)$$

$$\rho \left( \frac{\partial v}{\partial t} + u \frac{\partial v}{\partial x} + v \frac{\partial v}{\partial y} + w \frac{\partial v}{\partial z} \right) = -\frac{\partial P}{\partial y} + \rho g_y + \mu \left( \frac{\partial^2 v}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 v}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 v}{\partial z^2} \right)$$

$$\rho \left( \frac{\partial w}{\partial t} + u \frac{\partial w}{\partial x} + v \frac{\partial w}{\partial y} + w \frac{\partial w}{\partial z} \right) = -\frac{\partial P}{\partial z} + \rho g_z + \mu \left( \frac{\partial^2 w}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 w}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 w}{\partial z^2} \right)$$

$$\frac{\partial u}{\partial x} + \frac{\partial v}{\partial y} + \frac{\partial w}{\partial z} = 0$$

A discretização espacial foi feita através de uma malha tridimensional porém, com o interesse de analisar efeitos presumidamente bidimensionais, foi utilizada apenas uma célula na direção z.

Foram utilizadas condições de deslizamento livre para as paredes laterais, condição de saída livre para a saída e quatro diferentes perfis de velocidade constante (de acordo com o número de Reynolds) para a entrada.

A geometria utilizada foi uma malha semi-cilíndrica à montante e cartesiana à jusante, com o cilindro carenado fixo, representado por uma condição de velocidade zero em suas paredes.

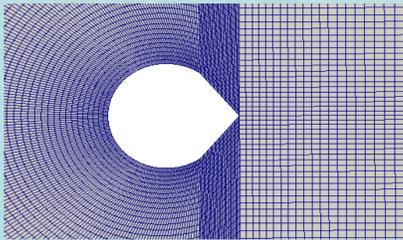


Fig. 2 – Detalhe da malha semi circular à montante e ortogonal à jusante, próxima à região onde está o cilindro fixo carenado.

## RESULTADOS

→ Simulações com diversos comprimentos de Carenagem (entre 1,10D e 5D) e números de Reynolds (100, 200 e 300).

Foram analisados os campos de velocidade, pressão e vorticidade do escoamento, principalmente à jusante do cilindro, onde se forma a esteira de vórtices e comparados os resultados para o coeficiente de arrasto médio e amplitude de variação do coeficiente de sustentação.

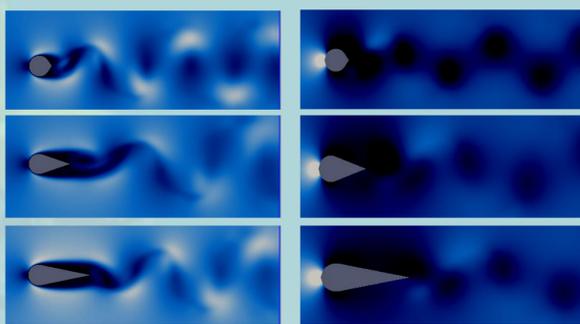


Fig. 3 – Campos de velocidade (esquerda) e pressão (direita) para Re=300 e L/D = 1,1; 2,0 e 3,0 (respectivamente).

Também foram analisados os campos de vorticidade, como exposto abaixo.

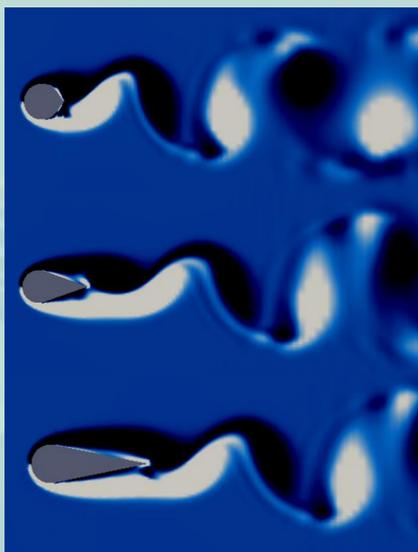


Fig. 3 – Campos de vorticidade para Re=300 e L/D = 1,1; 2,0 e 3,0 (respectivamente).

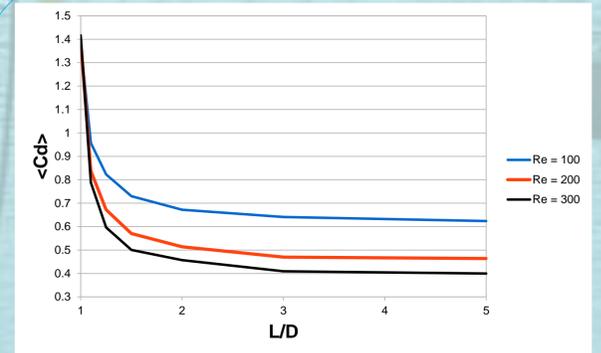


Fig. 3 – Coeficiente de arrasto do presente trabalho em função do comprimento da carenagem (em diâmetros), para os três números de Reynolds simulados.

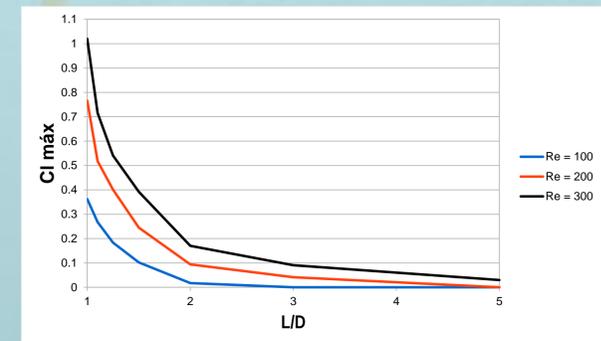


Fig. 4 – Amplitude de variação do coeficiente de sustentação em função do comprimento da carenagem (em diâmetros), para os três números de Reynolds simulados.

Para os números de Reynolds simulados, esse tipo de supressor parece ser mais eficiente conforme o número de Reynolds aumenta.

Também se pode notar uma queda mais acentuada nos coeficientes de arrasto e sustentação para as carenagens de pequenos comprimentos.

Conforme o comprimento da carenagem aumenta, os coeficientes não só deixam de cair como voltam a subir em um determinado comprimento crítico (que depende do Reynolds).

Essa tendência, no entanto, não se apresenta de forma tão clara para os números de Reynolds mais altos trabalhados, mas é coerente com a teoria.

## CONCLUSÕES

→ Para todos os casos simulados, observou-se uma grande eficiência das carenagens em reduzir o coeficiente de arrasto (e sua amplitude de variação) e a amplitude de variação do coeficiente de sustentação.

Pôde-se demonstrar de forma clara como essas alterações se apresentam em função do comprimento da carenagem tangente ao cilindro.

De maneira geral o trabalho demonstrou como supressores de vórtices do tipo carenagem hidrodinâmica tem potencial para, não só atenuar o desprendimento, como melhorar a eficiência da estrutura quanto ao arrasto e a flutuações na sustentação.