



WAVEROLLER: ANÁLISE DAS CARACTERÍSTICAS HIDRÁULICAS E DE ESCOAMENTO INFLUENTES NA GERAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA POR SIMULAÇÃO NUMÉRICA

Aluno: Guilherme Fuhrmeister Vargas (guilhermef.engenharia@gmail.com)

Orientadora: Prof^a. Dr^a. Edith Beatriz Camaño Schettini (bcamano@iph.ufrgs.br)

INTRODUÇÃO

→ O *Waveroller* é um dispositivo hidráulico desenvolvido pela empresa *AW – Energy*, que consiste em uma placa aproximadamente retangular que se movimenta através do escoamento ocasionado pelas ondas do mar, esta está ligada a um pistão que impulsiona um líquido dentro de um sistema secundário que alimenta um pequeno gerador, o qual produz energia elétrica. A figura 1 mostra um conjunto de 3 *Waverollers* que foram postos em funcionamento em Peniche (Portugal).



Fig. 1 – Módulo composto por 3 *Waverollers* (Projeto SURGE, Peniche, Portugal). Foto: Carlos Tiago.

O presente trabalho tem como objetivo principal analisar o escoamento no entorno das placas dos *Waverollers* e identificar quais propriedades são mais influentes em seu movimento, dentre elas, as forças de arraste e sustentação (ocasionadas por forças viscosas e de pressões) bem como seus coeficientes, campos de velocidade, pressão e vorticidade. Para tal, será utilizada simulação numérica baseada nas Equações Médias de Reynolds (RANS – *Reynolds Average Navier-Stokes*), por meio do código computacional livre OpenFOAM, v. 2.4.0, aliado ao seu complemento IHFOAM (extensão que permite aplicar a teoria de ondas e gerar numericamente as mesmas).

METODOLOGIA

→ O código computacional OpenFOAM é um software livre e aberto, que resolve as equações da Continuidade e de Navier-Stokes (<http://www.openfoam.org/download/>). Este foi implementado com a extensão IHFOAM, sendo capaz de gerar ondas e representar o comportamento das mesmas em regiões próximas às estruturas. Para o presente trabalho foi considerado uma profundidade de 25 m (limite da zona *Nearshore*, onde o dispositivo se encontra), período de onda de 6 s, altura da onda de 3 m (média da altura das ondas da região de Peniche), fase de onda de 4,712 rad, comprimento da placa de 9 m e espessura de 1 m. Para tais condições utilizou-se a teoria de ondas de Stokes (5ª ordem) que está baseada nas seguintes equações:

$$\frac{\pi H}{h} = \frac{L}{h} [\lambda + \lambda^3 B_{33} + \lambda^5 (B_{35} + B_{53})]$$

$$L = L_0 \tanh\left(\frac{2\pi h}{L}\right) (1 + \lambda^2 C_1 + \lambda^4 C_2)$$

$$\eta = \lambda \cos(\theta)/k + (\lambda^2 B_{22} + \lambda^4 B_{24}) \cos(2\theta)/k + (\lambda^3 B_{33} + \lambda^5 B_{35}) \cos(3\theta)/k + \lambda^4 B_{44} \cos(4\theta)/k + \lambda^5 B_{55} \cos(5\theta)/k$$

$$u = a_{vel1} \cosh(kz) \cos(\theta) + a_{vel2} \cosh(2kz) \cos(2\theta) + a_{vel3} \cosh(3kz) \cos(3\theta) + a_{vel4} \cosh(4kz) \cos(4\theta) + a_{vel5} \cosh(5kz) \cos(5\theta)$$

$$w = a_{vel1} \sinh(kz) \sin(\theta) + a_{vel2} \sinh(2kz) \sin(2\theta) + a_{vel3} \sinh(3kz) \sin(3\theta) + a_{vel4} \sinh(4kz) \sin(4\theta) + a_{vel5} \sinh(5kz) \sin(5\theta)$$

$$a_{vel1} = \frac{2\pi}{Tk} (\lambda A_{11} + \lambda^3 A_{13} + \lambda^5 A_{15})$$

$$a_{vel2} = 2 \frac{2\pi}{Tk} (\lambda^2 A_{22} + \lambda^4 A_{24})$$

$$a_{vel4} = 4 \frac{2\pi}{Tk} (\lambda^4 A_{44})$$

$$a_{vel3} = 3 \frac{2\pi}{Tk} (\lambda^3 A_{33} + \lambda^5 A_{35})$$

$$a_{vel5} = 5 \frac{2\pi}{Tk} (\lambda^5 A_{55})$$

sendo:

η – elevação da superfície da água

θ – fase da onda

K -- número de onda

u, w – componentes da velocidade

a_{vel} – amplitude da onda no instante considerado

$Z = h^* + z^*$

h^* -- profundidade local da região

z^* -- nível de água inicial

O modelo de turbulência utilizado na simulação em RANS foi o *k-Omega-SST*, que representa bem regiões próximas e distantes dos contornos. A figura 2 apresenta as condições iniciais e de contorno da região simulada.

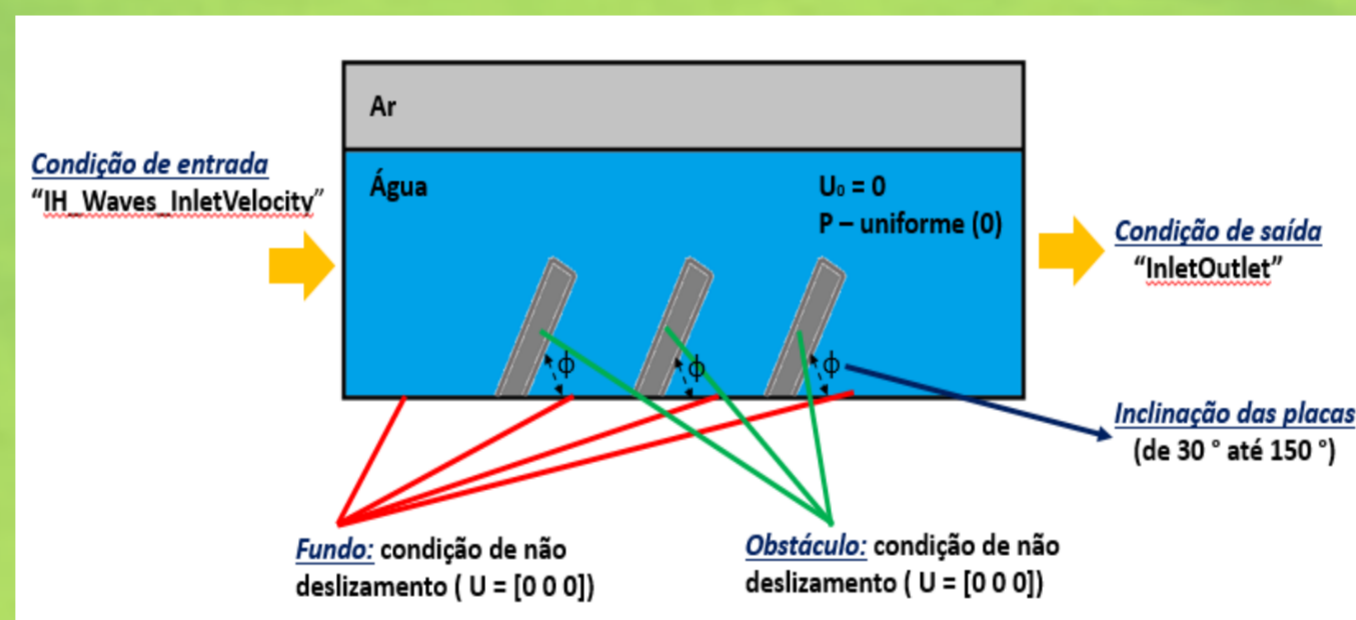


Fig. 2 – Domínio de cálculo e condições de contorno impostas.

RESULTADOS

Foram avaliados o campo de velocidade e vorticidade, coeficientes e forças de arraste e sustentação para os três *Waverollers*.

Na figura 3 é mostrado o campo de velocidade, no tempo $t = 56s$, para as posições de 60°, 90° e 120° de inclinação das placas, respectivamente, distanciadas entre si em 9 m.

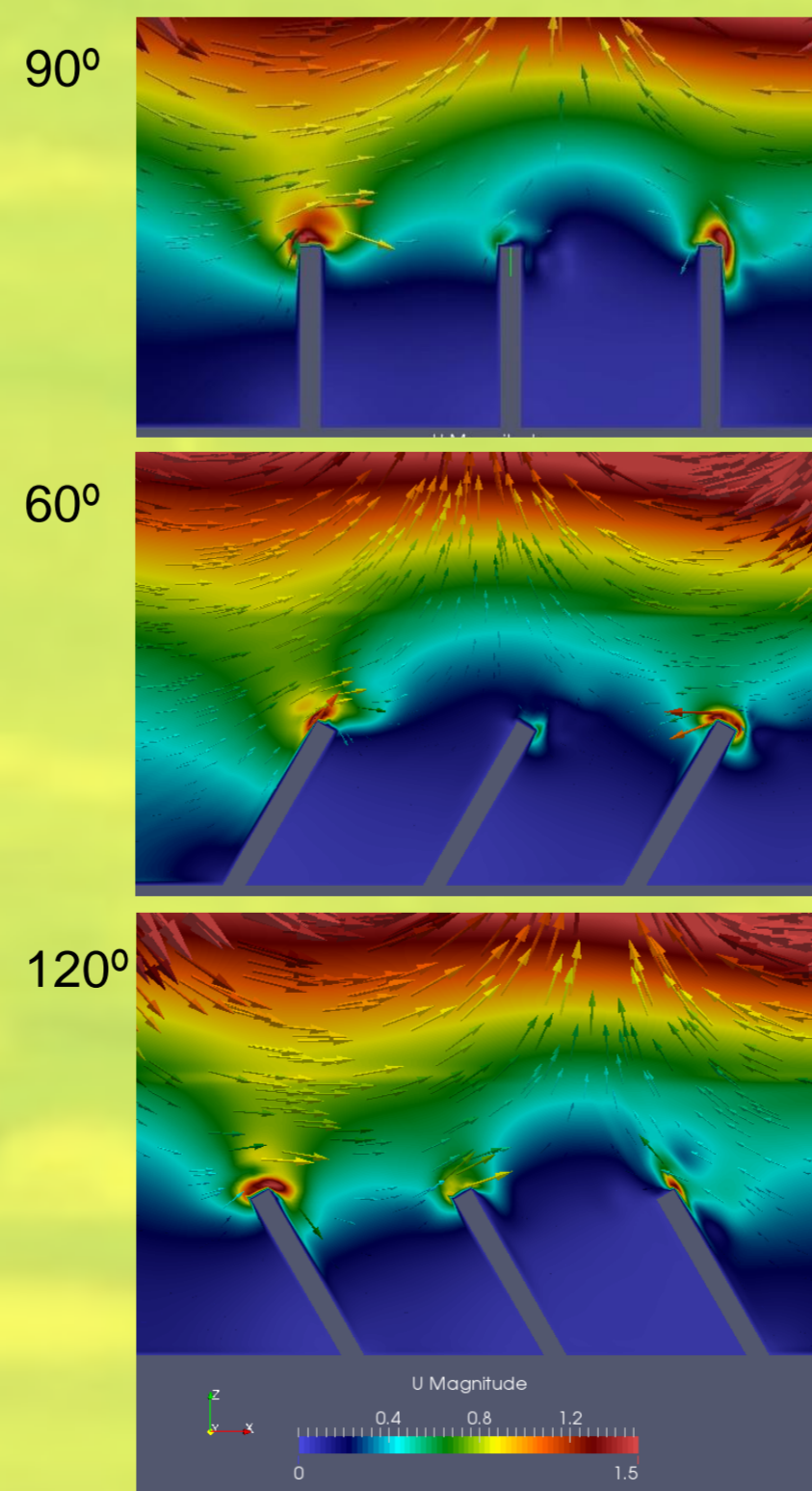


Fig. 3 – Campo de velocidades no entorno das placas com vetores que indicam o sentido e a direção do escoamento, para ângulos de 90°, 60° e 120°.

Os campos de vorticidade (figura 4, para $t = 92,5 s$, inclinações de 60° e 120°, distância de 9m) mostram uma concentração nos extremos superiores das placas, o que deve gerar mais esforços nestas regiões.

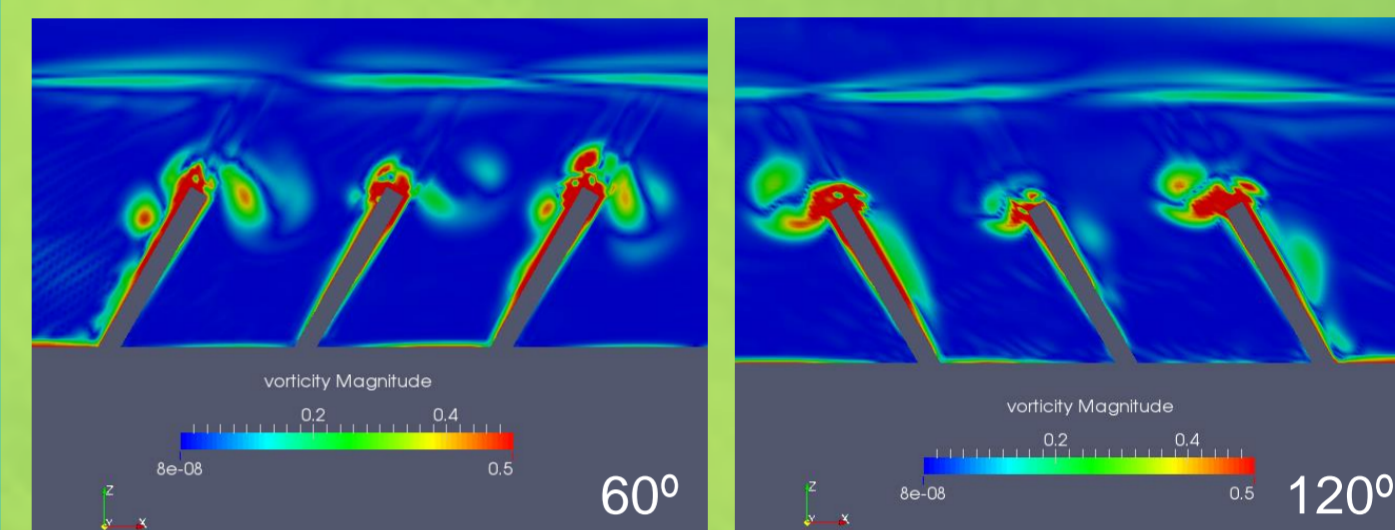


Fig. 4 – Campo de vorticidade no entorno das placas, para as posições de 60° e 120°, distanciadas 9 m entre si, no tempo $t = 92,5 s$.

Uma comparação entre o comportamento das forças de arraste, sustentação e seus respectivos coeficientes é apresentada na figura 5, vale salientar que este comportamento é similar para distanciamento entre placas de 9 m e 18 m.

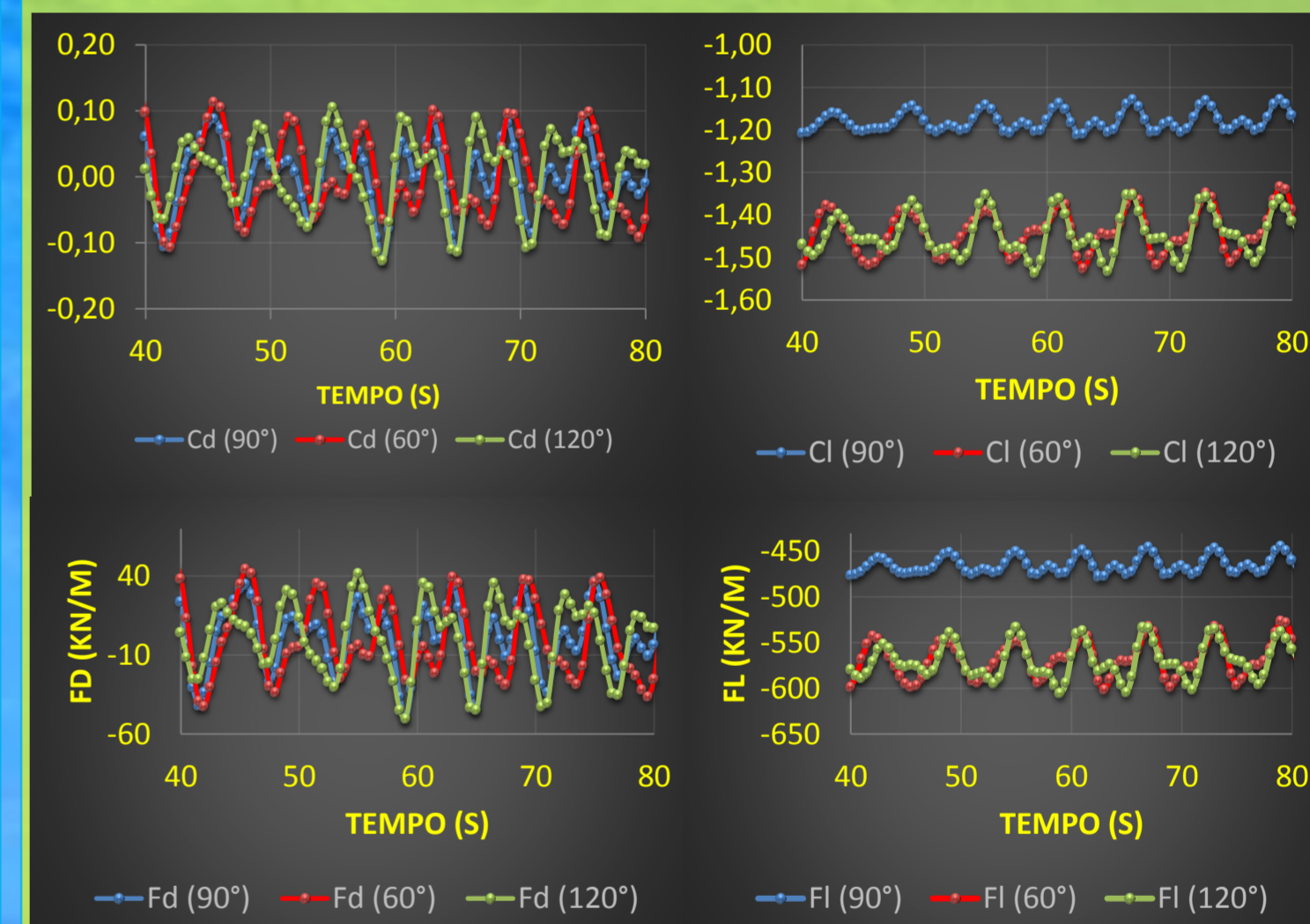


Fig. 5 – Evolução dos coeficientes e forças de arraste e sustentação ao longo do tempo para diversas posições angulares das placas, sendo 9 m o distanciamento entre elas.

A figura 6 mostra que o nível d'água abaixa no momento em que o módulo das forças resultantes aumenta, tal comportamento também é esperado para os coeficientes C_d e C_l .

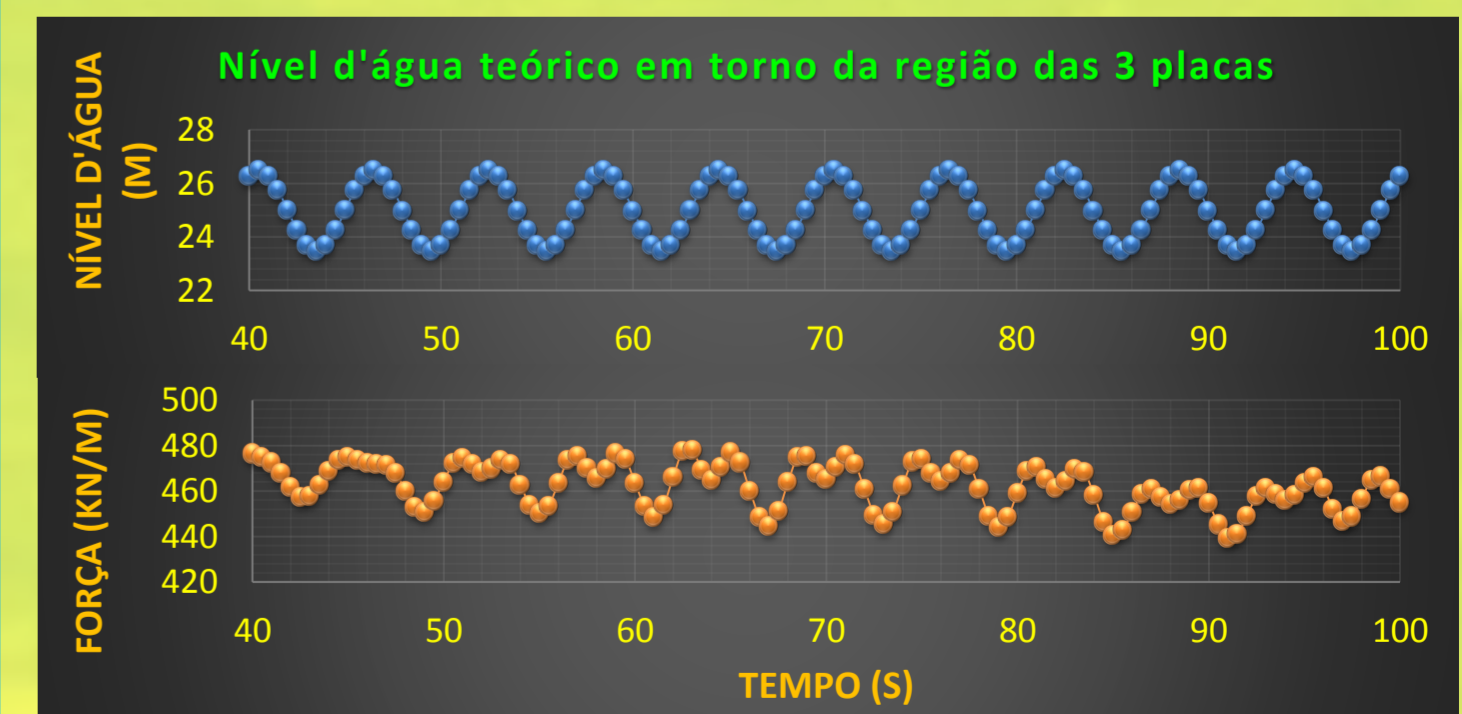


Fig. 6 – Comparativo da posição da superfície da água em relação ao módulo da força resultante atuante nas placas ($\phi = 90^\circ$, distância de 9 m entre placas)

CONCLUSÕES

→ As maiores forças e coeficientes C_d e C_l ocorrem para as posições mais inclinadas das placas. Os valores tendem a diminuir conforme a distância entre as mesmas aumenta. Os resultados mostram que existe uma determinada distância a partir da qual as forças passam a aumentar, em função do comprimento e período da onda.