

9º CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISA E DESENVOLVIMENTO EM PETRÓLEO E GÁS



9º CONGRESSO
Brasileiro de **P&D** em
PETRÓLEO E GÁS

Maceió, AL
de 09 a 11 de novembro
2017

Realização:



ABPG
ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE P&D EM
PETRÓLEO E GÁS



TÍTULO DO TRABALHO:

Simulação de formação de vórtice em plataforma fixa a partir da movimentação de fluido aquoso unidirecional

AUTORES:

Ellen Vandra Pereira Oliveira Vallim

João Carlos Rodrigues de Abreu

Laís Cristine Barbosa Farias

Dener Martins dos Santos

INSTITUIÇÃO:

Centro Universitário de Barra Mansa – UBM / Universidade do Estado do Rio de Janeiro – UERJ

SIMULAÇÃO DE FORMAÇÃO DE VÓRTICE EM PLATAFORMA FIXA A PARTIR DA MOVIMENTAÇÃO DE FLUIDO AQUOSO UNIDIRECIONAL.

Abstract

The proposed paper was aimed at conducting a qualitative study regarding the principle of vortex formation into the wake of a fixed platform structure through laboratory simulation. The vortex formation studies have an investigative interest since it may cause instability, drag, vibration and structural impairment depending on its intensity, because it is an initiation factor of fatigue. Due to the fact that on the ocean metallic structures are subjected to strong ocean currents in multiple directions, in this paper, we opted for one-way analysis. The methodology used in the study was the construction of fixed metal structure in scale 1:910 compared to the average dimensions of a real platform size. A water drainage trail was used and its outflow was regulated so it would have a depth similar to the average water blade found on the coastal area of the Campos bay. Another analysis performed was the repositioning of the platform prototype against the unidirectional water flow to simulate ocean currents in different positions of the metallic structure, but still respecting the unidirectional character. The results of the experiment showed: when the water flow behavior shows that one leg of the platform does not interfere in the formation of the vortex in the other leg, the vortex action proves to be more imminent suggesting that this effect is more significant in the metallic structure. However, when the legs were profiled to the water flow, less effectiveness of the vortex formation occurred, this result suggested that the intensity of such phenomenon would possibly be less effective. It is worth pointing out that such analyses were based on the intensity of formation and extension of the formed vortices, all based on the same water flow in the circuit used for analyses. The procedures performed for analysis were based on equations involving both transport phenomena and fluid mechanics in dynamic systems.

Introdução

O vórtice é um fenômeno que se apresenta na forma de um redemoinho com movimento espiral. O surgimento desse fenômeno se dá devido às variações de pressão e temperatura de diferentes correntes marinhas o que faz com que tal evento ocorra de forma natural. Este fenômeno naturalmente ambiental ocorre de forma independente no oceano, ou seja, pode estar relacionado a fatores como correntes marítimas e ventos, deste modo é importante que se estude a direção e a propagação do vórtice. Pois com a força que o fenômeno atua pode danificar as bases das plataformas, comprometer, a vida de trabalhadores e espécies marinhas que ali habitam.

O estudo consiste em demonstrar através de simulação em escala de laboratório como ocorre o movimento de rotação dos vórtices a partir de deslocamento de fluido (água) em sentido unidirecional, e assim quantificar qualitativamente a formação e a sua respectiva extensão de propagação a partir das colunas de uma plataforma construída em escala reduzida. O escoamento rotacional é um problema que vem sendo discutido e desafiadores para engenheiros físicos e matemáticos, e se encaixa na engenharia de petróleo devido às pernas da estrutura da plataforma fixa possuir geometria circular e se encontrarem expostas a estes ambientes marinhos.

O desenvolvimento desse trabalho teve como ponto de partida o levantamento bibliográfico relatados em pesquisa sobre as características da Bacia de Campos que se localiza no litoral brasileiro, e nela se encontram instaladas algumas plataformas de petróleo que exploram os recursos naturais. A plataforma fixa é utilizada na perfuração de poços e na produção de petróleo. Assim o estudo abordado na pesquisa consiste na simulação de vórtice formado na Bacia de Campos utilizando a plataforma fixa.

Metodologia

A prática deste projeto se desenvolveu no laboratório de Fenômenos de Transporte do Centro Universitário de Barra Mansa (UBM). Os detalhes construtivos da estrutura da plataforma foram desenvolvidos em escala reduzida 1:910 (figura 1A) tendo como a base da plataforma fixa demonstrada na figura 1B a partir do desenho ilustrativo.



Figura 1: (1A) Detalhes da estrutura construída para o desenvolvimento da análise experimental e (1B) detalhes da plataforma fixa usada como base para a confecção do modelo experimental.

A confecção de estrutura da plataforma baseou-se na plataforma fixa do tipo jaqueta pmxl-1 situada na Bacia de Santos no Litoral de São Paulo. O protótipo foi desenvolvido pelos próprios autores. Esta estrutura metálica possui 21 cm de altura, 4 pernas de sustentação cada uma com diâmetro de 0,16cm, treliças de amarração com diâmetro de $\frac{1}{4}$ ", e chapa de topo com 2mm de espessura.

A execução do escoamento do fluido unidirecional passando pela estrutura da plataforma foi realizada por meio da criação e elaboração de uma pista de escoamento para a água utilizada como fluido de análise. Essa pista foi construída toda em acrílico para facilitar a observação da formação dos vórtices. Os detalhes construtivos da pista são demonstrados na figura 2. Por se tratar de um estudo unidirecional optou-se por um comprimento maior da pista para que a mesma tivesse dimensões que pudessem ser consideradas como infinita se comparada com a estrutura imersa da estrutura da plataforma construída; assim poderia considerar como desprezível a influência das dimensões da pista de escoamento em relação à formação do vórtice e a sua respectiva propagação. A pista de escoamento da água possui o formato de um prisma reto de base hexagonal com abertura em uma de suas extremidades. Essa abertura teve como finalidade criar uma comporta para se obter uma respectiva altura de lâmina d'água que fosse compatível com a observada em média do leito oceânico da bacia de Campos.

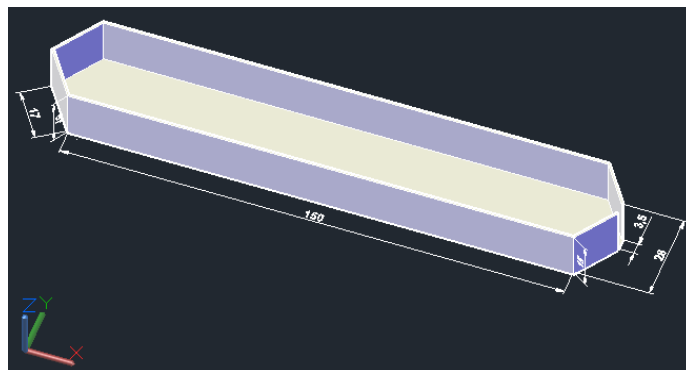


Figura 2: Detalhes construtivos da pista de escoamento unidirecional para a realização dos experimentos.

Um dos desafios apresentados na execução dos experimentos foi à manutenção contínua do fluxo de água através do aparato experimental sem que sofresse alteração durante a realização destes. Além disso, a altura da lâmina d'água não poderia sofrer alterações bruscas e o mais importante: o escoamento da água deveria ser contínuo sem promover que uma determinada massa de água em

deslocamento não colidisse na extremidade oposta da pista e retornasse para o seu interior promovendo um deslocamento contracorrente. Esse fenômeno teria como efeito estagnador da formação e propagação dos vórtices em direção à saída oposta do aparato experimental. A correção desse problema foi conseguida através da instalação de uma bomba hidráulica ($\frac{1}{2}$ Hp módulo BP500, vazão de 33 L/min e 127V/60 Hz) que injetou continuamente um fluxo de água no aparato experimental e a instalação de um distribuidor da água (construído de PVC) para injetar contínua e homogeneamente por toda a largura da pista de escoamento o fluido, conforme demonstrados na figura 3. Os experimentos somente se iniciavam após a averiguação que não mais ocorria à citada movimentação contracorrente.

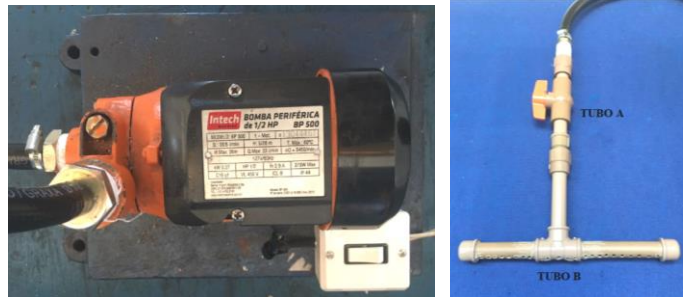


Figura 3: Demonstração da bomba hidráulica e do distribuidor de água no aparato experimental.

Um dos desafios encontrados nessa simulação em escala de laboratório, além de recriar a formação do vórtice, foi que em alto mar, a água possui salinidade, pH e as condições atmosféricas e marinhas são adversas daquelas empregadas em laboratório. Principalmente que a realização dessa pesquisa se deu através do uso de água potável que possui características diferentes daquelas oceânicas. Mesmo diante dessas diferenças físico-químicas não invalidaram o objetivo dessa pesquisa que possui caráter qualitativo e acadêmico no estudo de tão complexo fenômeno que sofre simultaneamente influência de sua formação e propagação de diversos fatores. A observação da formação dos vórtices foi feita pelo uso de injeção de corante azul na região das pernas da estrutura construída para a realização dos estudos. Utilizou-se um planejamento experimental do tipo 2^K para que os resultados pudessem ser considerados representativos. Onde o termo K representa a quantidade de variáveis utilizadas nessa pesquisa. As variáveis empregadas foram às seguintes: vazão de água no sistema, altura da lâmina d'água e diferentes posições utilizadas da estrutura metálica frente ao escoamento contínuo da água. A figura 4 apresenta a estrutura frontal do aparato experimental desenvolvido.

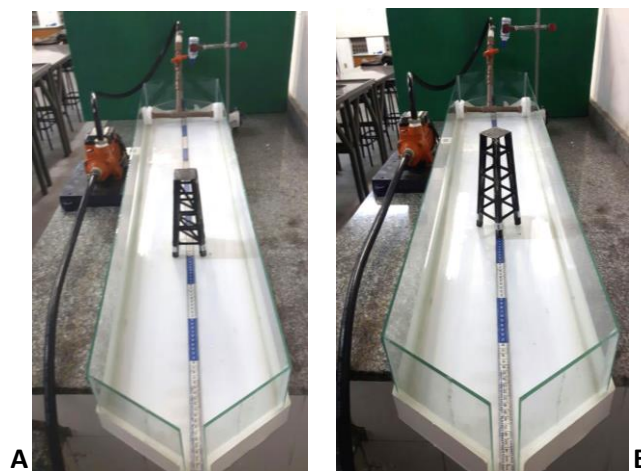


Figura 4: Vista frontal do Aparato Experimental. (4A): Posicionamento das pernas em paralelo. (4B): Posicionamento das pernas diagonalmente ao sentido da pista de escoamento.

Resultados e Discussão

As validações dos resultados experimentais seguiram o pressuposto descrito na figura 5. Diante disso, pode-se caracterizar o processo de formação dos vórtices mediante a modificação das variáveis de processo empregadas. Os resultados experimentais descritos na figura 6 (A e B) apresentam todas as características encontradas através do procedimento experimental descrito para as duas posições, respectivamente, pernas em paralelo, figura 6A; e pernas em diagonal, figura 6B; segundo as condições preconizadas para o escoamento do fluido unidirecional em relação ao posicionamento destas no aparato experimental.

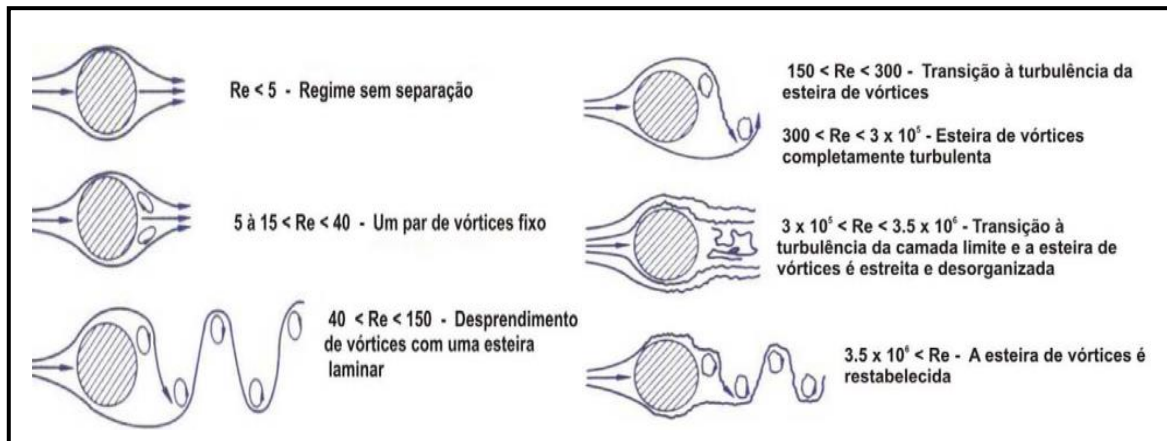


Figura 5: Relação entre o número de Reynolds e o tipo e extensão de vórtice formado. (AUSONI, 2011).

Na figura 6A: 1 e 2 observou-se a formação do vórtice desde o seu início em consonância ao escoamento unidirecional do fluido na pista até que este encontrou as pernas da plataforma. Desta forma com o auxílio do corante foi possível identificar a propagação e o sentido que o vórtice. O vórtice formado rotacionou no sentido horário na formação preferencialmente, mas registrou-se também a formação com sentido de rotação anti-horário. Durante sua trajetória, foi observado que o vórtice ao encontrar um obstáculo ou colidir com outro vórtice com sentido de rotação inverso, estes se anulavam caso, aparentemente, tivessem características de intensidades de propagação semelhantes. Cabe ressaltar que, nessa posição das pernas da plataforma devido a números de Reynolds diferentes de 2080 (transição, entre as pernas) e 4216 (turbulento, fora das pernas), o encontro dos vórtices (figura 6A-3) formados com diferentes intensidades proporcionou a ocorrência de fenômenos de prevalência dos vórtices fora das pernas, contudo, no encontro destes vórtices observaram-se pontos de estagnação. Apesar do escoamento contínuo do fluido nestas regiões, o fluido diminuía significativamente seu escoamento. Através de análise empírica, através de repetidas simulações, qualificou-se que esse fenômeno deveu-se a queda de pressão local no centro dos vórtices que colidiriam devido à anulação das resultantes das forças unitárias destes. Após o restabelecimento das condições para a formação do vórtice, novamente o vórtice ganhava intensidade e seguia sua propagação segundo o escoamento até o momento em que deixava de influenciar as pernas da plataforma (figura 6A: 4 e 5). O formato dos vórtices descritos nos casos anteriores tiveram mesmas características daqueles descritos por Ausoni (2011) demonstrados na figura 5 de acordo com os números de Reynolds descritos pelo citado autor.

Se for ampliada a análise experimental em escala de laboratório, para o caso de mar aberto, o vórtice se propagaria de modo tal que este perderia seu respectivo efeito de arraste não tão somente em um sentido; mas sim em todos possíveis. Na natureza o vórtice se propaga de acordo com o vento e as marés, e que neste caso experimental, devido às limitações das variáveis impostas, avaliou-se somente no sentido de escoamento unidirecional; entretanto, todas as análises foram pertinentes aos fenômenos observáveis nas plataformas em operação.

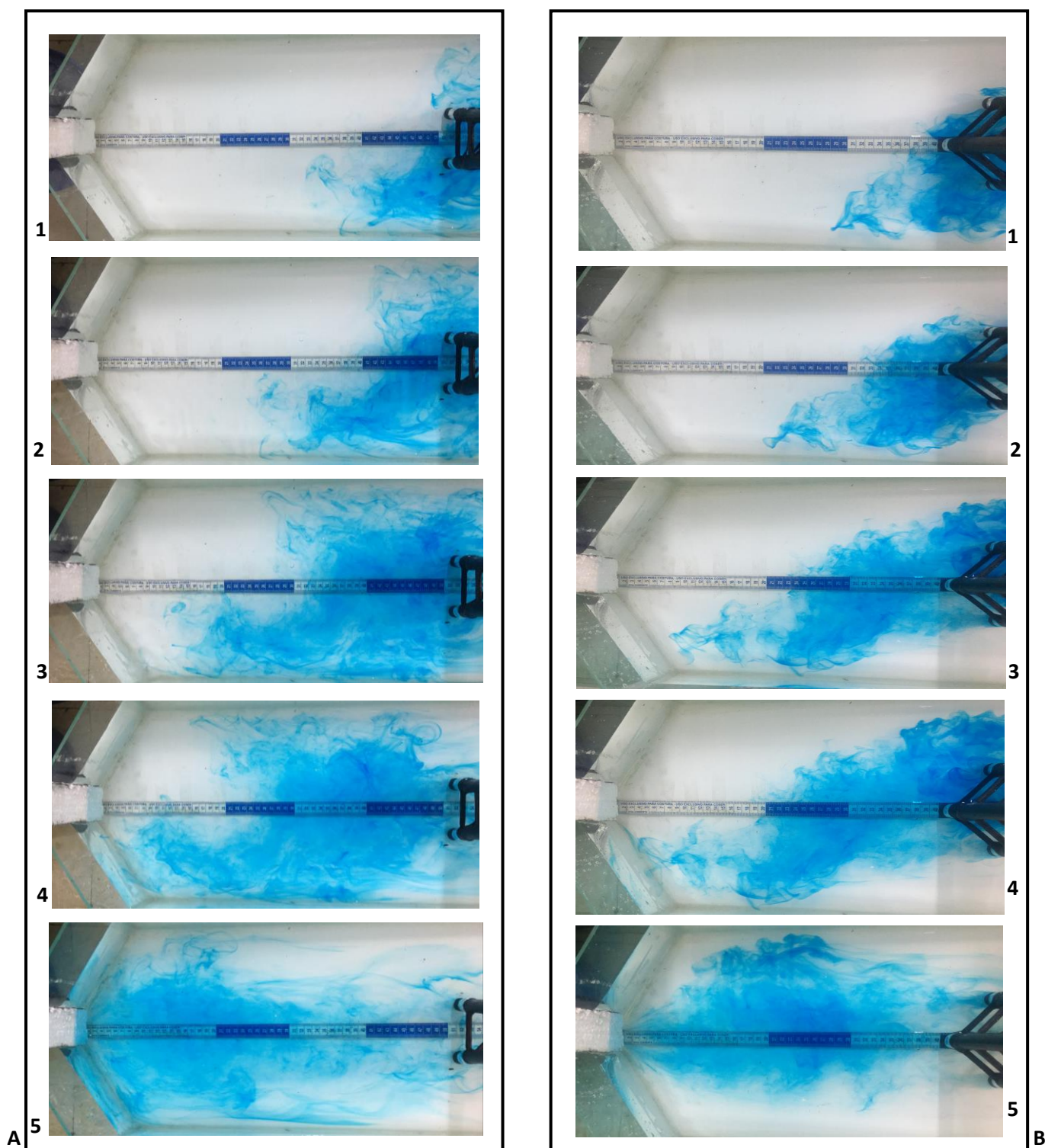


Figura 6: Resultados experimentais demonstrando a sequência de formação e propagação dos vórtices. 6A: Pernas em paralelo. 5B: Pernas em diagonal.

Já a figura 6B: 1 e 2 observou-se a formação do vórtice desde o seu início em consonância ao escoamento unidirecional através das pernas em diagonal com relação ao sentido de escoamento do fluido. A partir da iminente presença de formação do vórtice, e devido ao escoamento turbulento averiguado, observou-se que os vórtices formaram mais vigorosos e aparentemente com uma maior intensidade. Desta forma a atuação do vórtice sobre as nas pernas da plataforma foram maiores. Essa análise decorreu por conta da maior exposição das pernas da plataforma com a corrente de água promovida pela simulação. Na figura 6B: 3 e 4 notou-se que o vórtice formado possuiu maior extensão

de propagação se comparado com relação a figura 6A para similares estágios de propagação. Comparativamente que os vórtices formados na condição experimental descrita na figura 6A apresentaram maiores níveis de dissipação do que aqueles registrados nas condições experimentais descritas na figura 6B. Outra observação importante registrada foi que nestas condições experimentais os vórtices formados permaneceram mais centralizados, durante o escoamento unidirecional do fluido, porém com maiores intensidades.

O tipo de vórtices formados e suas características se correlacionadas com valores de Números de Reynolds nas condições experimentais descritas pelas sequências de quadros demonstrados na figura 6B ($Re = 4176$) concordaram com aqueles descritos por Ausoni (2011); para escoamentos turbulentos. Mediante tais observações empíricas, o efeito dos vórtices sobre as pernas seria mais intenso. Estes agiriam com uma força de arraste muito maior nas pernas da plataforma, uma vez que não haveria nenhum obstáculo a sua propagação.

Ao se tecer análise comparativa entre as duas variáveis experimentais observou-se que quando já se possui escoamento na região de transição entre o laminar e o turbulento, o vórtice não teve um efeito significativo sobre a plataforma, pois se dissipou mais rápido. Uma vez que no mar o escoamento é sempre turbulento devido às condições naturais a tendência é sempre a força de arraste do vórtice na plataforma crie condições favoráveis à escavação criando vácuos e atuando como mais um vetor à promoção da ocorrência da corrosão tanto anaeróbica quanto aeróbica. Ressaltando que nas condições em alto mar este se comporta como um eletrólito perfeito por conta da quantidade de íons cloro que colaboram de modo significativo na base da plataforma desse tipo de corrosão.

Conclusões

Os resultados experimentais (figura 6) demonstraram ser compatíveis com os dados de literatura a respeito do tipo de formação de vórtice de acordo com o número de Reynolds para as situações propostas e correlacionadas com a literatura (figura 5). Observou-se que a disposição das pernas em paralelo (figura 6A) forneceu a um número de Reynolds de transição, esse resultado sugeriu que esse tipo de disposição favoreceu um menor ataque da formação dos vórtices na estrutura; pois as pernas dianteiras paralelas aquelas de trás as protegeram, minimizando o efeito desse ataque. Efeito oposto foi o observado pela disposição das pernas em diagonal, pois todas elas estiveram sujeitas ao ataque direto das forças naturais do movimento do fluido em escoamento, favorecendo um número de Reynolds mais elevado, ou seja, escoamento turbulento entre e pelas pernas da plataforma. Diante disso, seus efeitos negativos acentuariam sobre tais pernas.

Agradecimentos

Agradecemos ao Centro Universitário de Barra Mansa, ao Núcleo de Pesquisa, Inovação de Difusão das Engenharias e a todos os técnicos e professores que nos auxiliaram no desenvolvimento deste trabalho.

Referências Bibliográficas

- ALMEIDA, C. A. M. **Tratamento do efeito da flexibilidade de juntas tubulares na Análise de estruturas fixas offshore**. Universidade Federal do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro. RJ. 2008.
- AMORIM, T. O. **Plataformas Offshore uma breve análise desde a construção ao descomissionamento**. Centro Universitário Estadual da Zona Oeste. Rio de Janeiro. RJ. 2010.
- AUSONI, A. Z. - **Short Course in Hydraulic Machines: Effect of hydrofoil trailing edge shape on flow induced vibration** – École polytechnique Fédérale de Lausanne. Suíça, Berna: 2011.
- BELO, W. C. **A recirculação interna do giro subtropical do atlântico sul e a circulação oceânica na região do pólo pré-sal da Bacia de Santos**. Universidade de São Paulo. São Paulo. SP. 2011.
- ROCHA, C. R. M. **Curso Básico de Meteorologia e Oceanografia**. Universidade Federal do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro. RJ. 2006.

9º CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISA E DESENVOLVIMENTO EM PETRÓLEO E GÁS

ZOLNERKEVIC, I. **Desafios em Águas profundas**. Engenharia Naval. Revista FAPESP pagina 173. 2012.