

# REDUÇÃO DE MOVIMENTOS EM ONDAS DE UMA PLATAFORMA MARÍTIMA FLUTUANTE PARA GERAÇÃO DE ENERGIA EÓLICA OFFSHORE

**Palavras-Chave:** SISTEMAS MARÍTIMOS, TORRE EÓLICA, PLATAFORMA PETROLÍFERA

**Autores(as):**

**EDTASSIA PEREIRA DA SILVA, E.E. PROF. HILTON FEDERICI**

**JUAN CHAVES RAMALHO, E.E. FRANCISCO BARRETO LEME**

**Prof. Dr. CELSO KAZUYUKI MOROOKA (orientador), FEM/UNICAMP**

**Eng. CAIO CESAR DE OLIVEIRA TRIGO (Colaborador), CEPETRO/UNICAMP**

---

## INTRODUÇÃO:

Dentre os componentes de um sistema marítimo na exploração e produção de óleo e gás, as plataformas marítimas desempenham papel crucial, sendo que a energia oriunda do petróleo continua sendo fonte vital de energia para a sustentação da economia global. Em geral essas estruturas marítimas apresentam complexidade e operam em ambientes desafiadores e adversas como em águas profundas em mar aberto, exigindo soluções de projeto eficazes para a garantia de sua eficiência operacional e segurança nas operações.

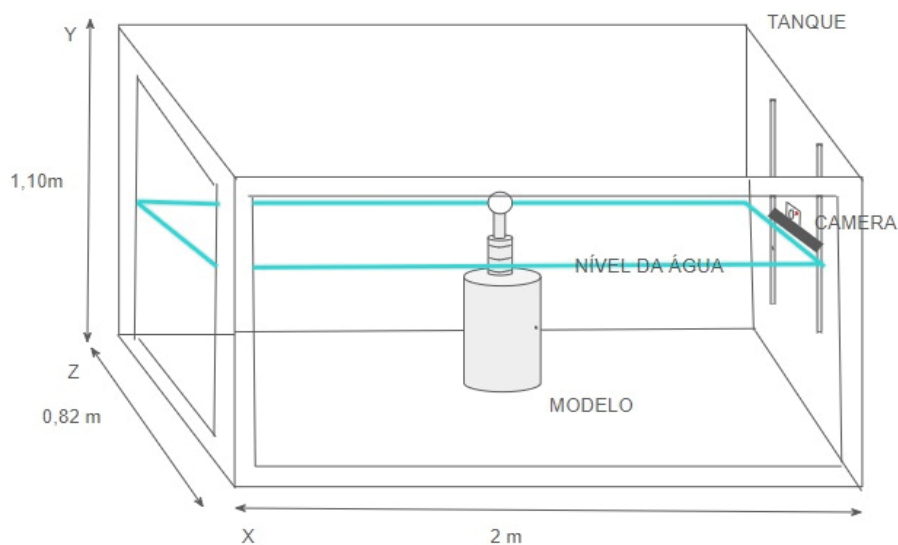
Concomitante, na transição enérgica da atualidade, novas tecnologias vêm sendo desenvolvidas e utilizadas com objetivo de se reduzir eventuais impactos ambientais, como o uso cada vez mais evidente da energia. Neste sentido, o presente projeto tem a motivação do uso combinado da energia gerada através de turbinas eólicas offshore com fontes tradicionais obtidas pela queima de gás natural ou diesel, no suprimento da demanda de energia necessária no funcionamento dos equipamentos nas operações de produção em campos marítimos de petróleo. Observa-se, no entanto, a importância do bom comportamento em movimentos da plataforma, base sustentadora da turbina eólica.

Neste contexto, o presente estudo tem objetivo mitigar os excessivos movimentos da plataforma flutuante devido a esforços do meio ambiente como ondas, visando a sua redução por meio da ação de uma câmara de ar confinado integrada à plataforma. Para abordar essa questão, busca-se no estudo compreender os fundamentos básicos de movimentos de plataformas, e em especial o mecanismos de atuação de uma câmara de ar para compensar e reduzir a amplitude do movimento, em especial, na direção vertical de “heave”.

Objetivando esta finalidade, foi realizado um experimento em tanque de água e com um modelo físico simplificado da plataforma em pequena escala, observando resultados de teste de decaimento do modelo com e sem atuação da câmara de ar. Câmeras compondo sistema ótico foram utilizados na medição dos movimentos do modelo físico e dispositivos foram elaborados para execução dos testes. Para a análise das medidas feitas no experimento foram feitas processamento em computador. Bons resultados puderam ser alcançados que servirão de base importante para a continuidade da pesquisa, podendo-se concluir nesta etapa a efetividade da atuação da câmara de ar na redução do movimento vertical de “heave” da plataforma.

## METODOLOGIA:

O experimento foi realizado no Laboratório LabRiser, localizado no CEPETRO na Unicamp. Um modelo físico de plataforma flutuante em pequena escala foi fabricado, com a utilização de uma impressora 3D. Na fabricação do modelo, o ajuste de sua flutuação conforme estabelecido, constituiu em desafio, devido à pequena escala considerada. Após todos ajustes finalizados, o modelo foi posicionado no tanque de água para execução dos testes. Testes de decaimento do movimento de “heave” foram realizados, e medições foram registradas por meio do sistema ótico com câmera. O processamento e análise posterior destas medições permitiram a estimativa de valores para amortecimento e frequência natural do modelo. Na Figura 1 ilustra esquematicamente o modelo posicionado no tanque de água.



*Figura 1 –Esquema do modelo da plataforma em tanque de água para realização dos testes.*

A Figura 2 mostra uma fotografia do tanque de água na qual testes foram realizados. O experimento foi realizado com um modelo físico simplificado em um tanque de água com 2,0 metros de comprimento, 0,8 metro de largura e 1,1 metros de altura. O nível de profundidade de água foi ajustado em 0,8 metros.

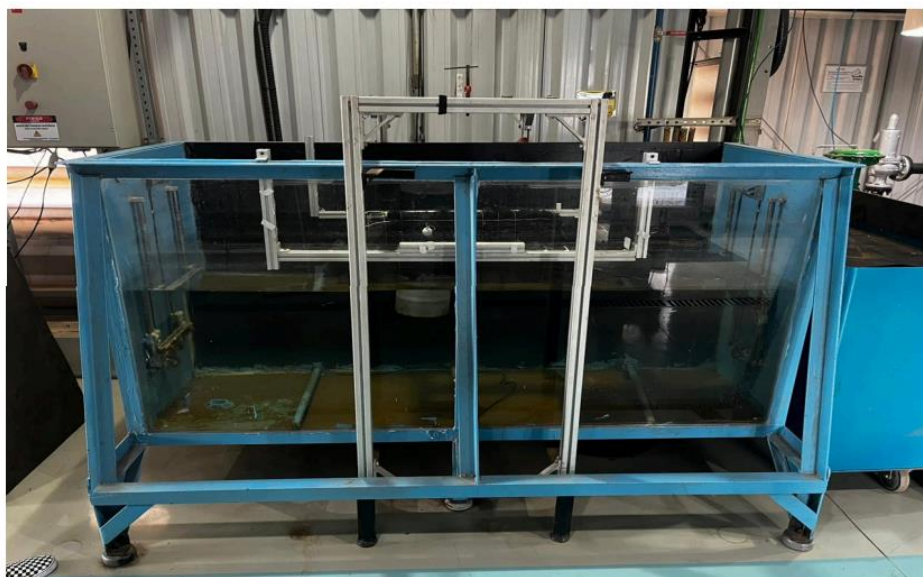


Figura 2 – Tanque de água para os testes.

Para realização dos testes, o modelo foi posicionado inicialmente sobre uma base de apoio, localizada no canto inferior direito do tanque, verificando o nível de água fazendo interface com o ar na câmara do modelo. Este ajuste foi realizado para que o nível estivesse na mesma localização quando o modelo em equilíbrio hidrostático e calado do modelo da plataforma ajustado, em ambos os testes, nas condições com e sem atuação da câmara de ar. Procedimentos específicos foram elaborados para melhorar ajustes necessários no modelo para execução dos testes.

Para monitoração dos movimentos com o sistema ótico com câmera, adesivos reflexivos foram utilizados como marcadores no modelo e iluminação com lâmpada LED foi utilizado para melhorar o contraste dos marcadores no registro das imagens dos movimentos.

Para o pós-processamento das imagens registradas e obtenção do movimento do ponto de referência no modelo, na direção vertical, foi utilizado o software *VideoPad* para extração de imagens dos vídeos. A partir da imagem em cada instante (uma foto instantânea), foram extraídos dados numéricos referentes à coordenada do ponto medido em cada imagem (instante) com um script de funções de tratamento de imagem no software *LabView*. No *LabView* uma rotina de calibração foi elaborada com uma função que cria uma matriz de pontos para converter imagens em tamanhos virtuais (em pixels) para tamanhos reais (em milímetros). Por exemplo, consideramos uma imagem em *Full HD* com resolução de 1080 x 720 pixels. Dependendo da proximidade ou distância do objeto em relação à câmera, 1 pixel pode representar 1 mm ou 2 mm. Quando o objeto está mais próximo, a imagem aparenta ser maior, e quando está mais distante, a imagem parece menor. Após a calibração das imagens, uma sequência de funções para melhorar a visualização e medição do ponto é executada e se obtém as coordenadas reais do ponto de medição do modelo para cada foto e gerada um arquivo de texto. Os dados processados foram posteriormente exportados para o software *Excel*, onde foram geradas as figuras para análise das oscilações do modelo.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO:

Testes de decaimento livre do movimento vertical foram realizados com o modelo físico simplificado da plataforma, com e sem a ação da câmara de ar. A partir da posição do equilíbrio hidrostático, o modelo foi deslocado para baixo em pequena extensão estabelecendo uma condição inicial de desequilíbrio, e em seguida liberado.

Após a etapa de processamento dos dados obtidos durante o experimento, gráficos de movimento do modelo foram gerados, para condições de teste com e sem a câmara de ar. A Figura 3 mostram séries temporais dos movimentos de “heave” medidos nos testes de decaimento. Foram executados testes com deslocamentos iniciais do modelo em 10mm, 20mm e 30mm, respectivamente.

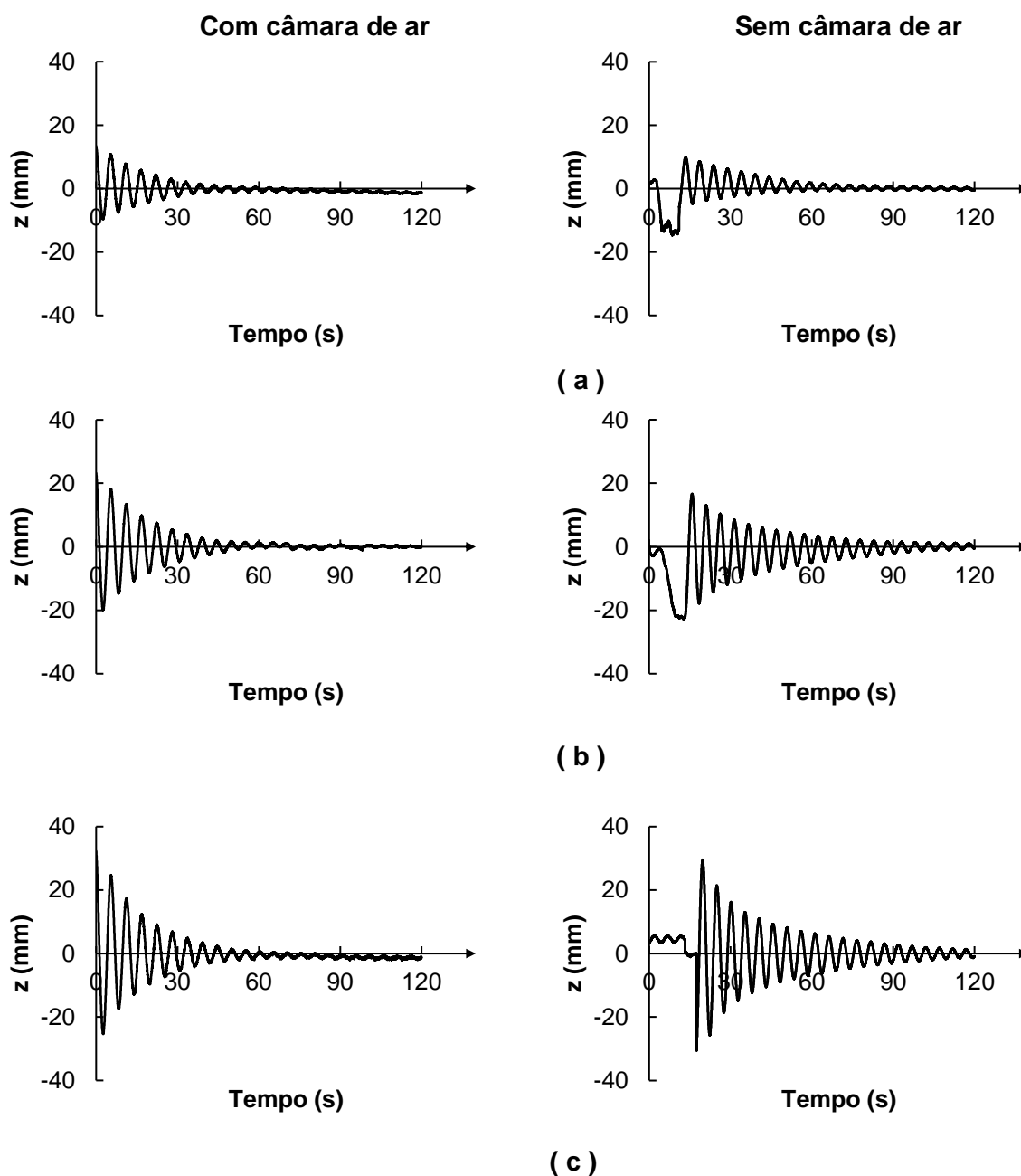


Figura 3: Resultados do teste de decaimento. Deslocamento inicial: (a) 10mm; (b) 20mm; e (c) 30mm.

## CONCLUSÕES:

Foi realizado um primeiro passo no estudo de uma plataforma flutuante com redução de movimentos de "heave" utilizando um modelo físico simplificado de pequena escala. Procurou-se observar no teste, a eficácia da ação da câmara de ar nos movimentos do modelo.

Para mesmas condições de ajuste do modelo da plataforma, com e sem a atuação da câmara de ar, respectivamente, movimentos medidos nos testes de decaimento distintos para cada condição, com frequências naturais diferentes e amplitudes de "heave" desiguais.

Os resultados estabelecem uma base de conhecimento inicial importante para a continuidade do estudo e da pesquisa, comprovando ainda a possibilidade da redução do "heave" da plataforma para determinadas condições de mar através de um projeto cuidadoso da câmara de ar.

---

## BIBLIOGRAFIA

CHAKRABARTI, S.K.. **Hydrodynamics of offshore structures**. Computational Mechanics Publications, Southampton, UK, 1987.

Kiryu, P. O.; Morooka, C.K.; Jaculli, M.A.; Leira, B. J.; Sangesland, S.. **Dynamic behaviour of a reduced heave motion platform for offshore wind tower**. 26th International Congress of Mechanical Engineering (COBEM 2021), Associação Brasileira de Engenharia e Ciências Mecânicas (ABCM), Florianópolis, SC, 2021.

Tada, A. **Estudo da oscilação vertical livre de uma plataforma flutuante para suporte de torre com gerador de energia eólica**, Relatório para IC do ProFIS 2023, 11/2023.

THOMAS, J.E.. **Fundamentos da engenharia de petróleo**. Editora Interciência, Petrobras, 2001.