

MODELAGEM DINÂMICA NUMA PLATAFORMA OFFSHORE COM APLICAÇÃO DA ÁLGEBRA LINEAR

Erica Dantas Pereira Gama ¹

José Raimundo de Souza Pereira Júnior ²

Letícia Carvalho Machado ³

Samuel Atanázio Rodrigues de Souza ⁴

Tales Andrade Almeida ⁵

Luciano da Silva ⁶

Engenharia de Petróleo



ISSN IMPRESSO 1980-1777

ISSN ELETRÔNICO 2316-3135

RESUMO

No ambiente oceânico as plataformas em geral estão submetidas a fortes perturbações de acordo com a variação das condições temporais e sazonais. As estruturas de plataformas *offshore* fixa, do tipo jaqueta, são dimensionadas para receberem a ação das forças externas do meio sem afetar a sua integridade e servindo de ambiente de trabalho e moradia, para os operários que ali desempenham suas atividades. Assim, proporcionando o conhecimento do funcionamento da ação dessas forças e aplicação do cálculo de dimensionamento da estrutura rebuscando os conceitos da álgebra linear; por meio do modelo ativo de controle de amortecimento capaz de reduzir o deslocamento e a vibração na plataforma com 2DOF, dando uma maior estabilidade na estrutura.

PALAVRAS-CHAVE

Plataforma. *Offshore*. Estabilidade. Controle.

ABSTRACT

In the ocean environment in general platforms are subjected to strong disturbances according to the variation of the temporal and seasonal conditions. Fixed *offshore* structures, jacket type, are sized to receive the action of external forces of the medium without affecting its integrity and serving working and living environment for the workers who perform their activities there. Thus, providing the knowledge of the action of the operation of these forces and implementation of the structure sizing calculation rummaging the concepts of linear algebra. Through the active damping control model capable of reducing the vibration displacement and the platform 2DOF, giving greater stability to the structure.

KEYWORDS

Platform. Offshore. Stability. Control.

1 INTRODUÇÃO

Plataformas de petróleo *offshore* são grandes estruturas posicionadas no mar projetadas, em alguns casos, até mesmo para abrigar operadores e máquinas necessárias para as operações de exploração, perfuração, produção, tratamento de água e gás para reinjeção, acomodações etc. (HARISHET ET AL., 2010).

Plataformas apoiadas no fundo do mar, flutuantes e mistas são os três tipos encontrados no ambiente marinho. Dispondo-se assim, a plataforma fixa, tension leg, auto-elevatória, submersível, semi-submersível, navio sonda, FPSO como alguns dos principais modelos de plataforma *offshore*. Podendo cada uma ser diferenciada, principalmente, pela lâmina d'água em que estão localizadas e pela estrutura que oferecem (OLIVEIRA ET AL., 2011).

No âmbito marinho as estruturas estão sujeitas a inquietações causadas por vento, ondas e corrente marinha. No início das explorações, as perturbações eram compensadas com o aumento da massa estrutural, contudo acarreta em custos elevados de fabricação, montagem e transporte. Com o auxílio da tecnologia de simulação e necessidade de se alcançar lâminas d'água mais profundas, vários estudos vem se desenvolvendo no sentido de melhorar o controle de ressonância nas plataformas *offshore*.

A alternativa proposta é a implementação de um método de controle na plataforma fixa capaz de regular esse movimento conforme desejado por meio de amortecedor de massa do tipo sintonizado ativo.

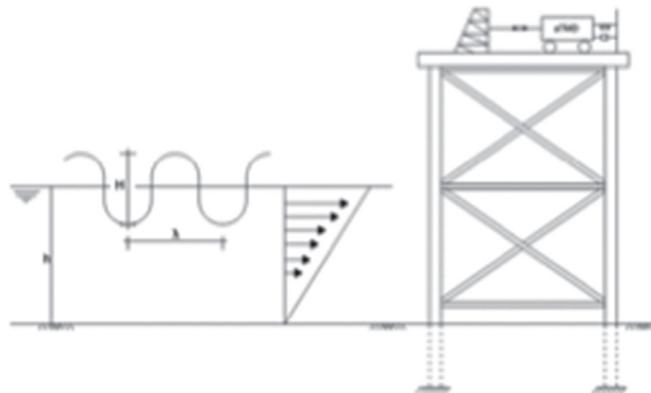
2 MODELO DINÂMICO DA PLATAFORMA

O método de elementos finitos (FEM) é comumente utilizado na modelagem e análise estrutural de plataformas *offshore* tipo jaqueta. O FEM proporciona uma maneira prática para o estudo de estruturas *offshore* sujeitas a cargas ambientais. Pacotes comerciais baseados em FEM de propósitos gerais, como o ANSYS, ou de aplicações específicas, como o SACS, são usados para essa finalidade.

Aplicando o método de elementos finitos, uma plataforma fixa *offshore* pode ser modelada como um sistema com múltiplos graus de liberdade (MDOF). Para os propósitos do presente trabalho, um modelo de 2DOF será considerado para representar uma plataforma *offshore* tipo jaqueta, conforme proposto em Abdel-Rohman (1993, 1996), e cujo diagrama esquemático é mostrado nas Figuras 1 e 2.

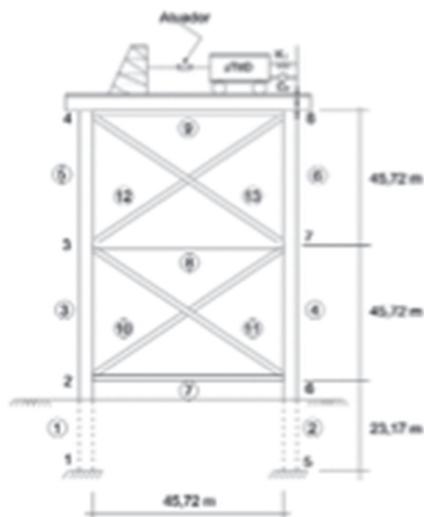
A estrutura consiste de membros tubulares cilíndricos de aço, com as dimensões mostradas na Figura 2 e na Tabela 1. As áreas projetadas, volumes e massas de cada membro da estrutura são dados na Tabela 2. Um dispositivo TMD ativo (aTMD), conectado a um servo mecanismo hidráulico, é instalado no topo e acoplado à junção 8. O movimento do amortecedor é influenciado pelo movimento da estrutura e a operação do servo mecanismo, a qual é acionada por uma força de controle ativo produzida por um controlador.

Figura 1 – Plataforma sujeita a forças hostis



Fonte: Zribi e outros autores (2004).

Figura 2 – Plataforma detalhada (estrutura + dispositivo TMD ativo (aTMD))



Fonte: Zribi e outros autores (2004).

Tabela 1 – Propriedades dos tubos de aço cilíndricos

Membros	Diâmetro Externo (m)	Diâmetro Interno (m)	Área (m^2)	Momento de Inércia (m^4)
Vertical	1,22	1,14	0,141	0,02301
Horizontal	0,61	0,59	0,023	0,00096
Diagonal	0,61	0,59	0,023	0,00096

Fonte: Zribi e outros autores (2004).

Tabela 2 – Dados de projeto dos membros da estrutura

Membros	Área A_p (m^2)	Volume B_p (m^3)	Massa (kg)
1	---	---	---
2	---	---	---
3	55,74	53,38	98080,60
4	55,74	53,38	98080,60
5	37,16	35,58	86462,00
6	37,16	35,58	86462,00
7	---	---	20706,12
8	---	---	20706,12
9	---	---	8087,58
10	27,87	13,34	29274,63

Membros	Área A_p (m^2)	Volume B_p (m^3)	Massa (kg)
11	27,87	13,34	29274,63
12	18,58	8,89	23328,93
13	18,58	8,89	23328,93

Fonte: Zribi e outros autores (2004).

Frequências naturais e formas modais da resposta livre não amortecida do sistema podem ser determinadas, usando alguma ferramenta computacional de análise estrutural. Embora se possam considerar muitos modos de vibração, assume-se que as perturbações externas, neste caso, correntes e ondas marinhas, atuam nos dois primeiros modos de vibração, devido a que estes dois modos são os mais dominantes. Sendo assim, as equações de movimento da estrutura com o TMD são (ZRIBI ET AL., 2004):

$$\begin{cases} \ddot{z}_1 = -2\xi_1 w_1 \dot{z}_1 - w_1^2 z_1 - \Phi_1^T (F_a - F_{TMD}) + f_1 + f_2 \\ \ddot{z}_2 = -2\xi_2 w_2 \dot{z}_2 - w_2^2 z_2 - \Phi_2^T (F_a - F_{TMD}) + f_3 + f_4 \\ \ddot{y} = -2\xi_T w_T (\dot{y} - \dot{U}_8) - w_T^2 (y - U_8) + \frac{1}{m_T} u \end{cases} \quad (1)$$

sendo que z_1 e z_2 são as coordenadas generalizadas dos modos vibracionais 1 e 2, respectivamente; y é o deslocamento horizontal do TMD; w_1 e w_2 são as frequências naturais dos primeiros dois modos de vibração; ξ_1 e ξ_2 são os fatores de amortecimento nos dois primeiros modos de vibração, respectivamente; Φ_1 e Φ_2 são o primeiro e o segundo vetores de forma modal, respectivamente; F_{TMD} é o vetor de força de controle passivo devido ao TMD; F_a é o vetor de força de onda; ξ_T é o fator de amortecimento do TMD; $w_T = \sqrt{K_T/m_T}$ é a frequência natural do TMD; k_T e m_T são a rigidez e a massa do TMD, respectivamente; U_8 é o deslocamento horizontal da junção 8 na estrutura *offshore*; u é a ação de controle; e f_1 , f_2 , f_3 e f_4 são os termos da força hidrodinâmica auto-excitada não linear, cuja derivação é apresentada a seguir.

Dado que a resposta é a contribuição de dois modos, o deslocamento horizontal da junção 8 na estrutura é (ABDEL-ROHMAN, 1993):

$$U_8 = \phi_1 z_1 + \phi_2 z_2 \quad (2)$$

sendo que ϕ_1 e ϕ_2 são as contribuições das duas primeiras formas modais. Note que:

$$\Phi_1^T F_a = \phi_1 u \quad (3)$$

$$\Phi_2^T F_a = \phi_2 u \quad (4)$$

As forças de controle devido ao TMD podem ser escritas como (ZRIBI ET AL., 2004):

$$\Phi_1^T F_{TMD} = \phi_1 [K_T (y - U_8) + C_T (\dot{y} - \dot{U}_8)] \quad (5)$$

$$\Phi_2^T F_{TMD} = \phi_2 [K_T (y - U_8) + C_T (\dot{y} - \dot{U}_8)] \quad (6)$$

em que C_T é o amortecimento do TMD.

Estruturas *offshore* estão expostas a forças hidrodinâmicas não lineares. A não linearidade destas forças decorre da sua dependência em relação à flexibilidade da estrutura, que induz um termo de carga autoexcitado. Uma força de onda horizontal, atuando na junção p de uma estrutura *offshore* é geralmente modelada, usando a equação de Morison (CHAKRABATI, 1987; PATEL, 1989). A equação de Morison é amplamente utilizada para estimar cargas de ondas no projeto de plataformas de petróleo e outras estruturas *offshore*. Para ondas planas unidirecionais, na presença de correntes de água induzidas pelo vento, esta equação é da forma (ZRIBI ET AL., 2004):

$$F_p = \frac{1}{2} \rho_w C_D A_p |U'_{px}| U'_{px} + \rho_w C_I B_p a_{px} - \rho_w (C_I - 1) B_p \ddot{U}_p \quad (7)$$

Sendo que F_p é o vetor de força de onda; ρ_w é a densidade da água; C_D é o coeficiente de arrasto; A_p é a área concentrada na junção p ; U_{px} é a velocidade horizontal da água na junção p ; U'_p é a velocidade horizontal de junção na junção p ; $U'_{px} = U_{px} - U_p$ é a velocidade relativa da água na junção p ; C_I é o coeficiente de inércia; B_p é o volume concentrado na junção p ; a_{px} é a aceleração horizontal da água na junção p ; e \ddot{U}_p é a aceleração horizontal de junção na junção p .

Da teoria de ondas lineares (CHAKRABATI, 1987; PATEL, 1989), a velocidade horizontal da água na junção p é expressa como:

$$U_{px} = E_p \cos(kx_p - \Omega t) + U_{ow} \frac{y_p}{h} \quad (8)$$

A aceleração horizontal da água na junção p é:

$$a_{px} = \Omega E_p \sin(kx_p - \Omega t) \quad (9)$$

Em que

$$E_p = \frac{\Omega H}{2} \frac{\cosh(ky_p)}{\sinh(kh)} \quad (10)$$

e (x_p, y_p) é a localização da junção p em relação a um eixo de coordenadas fixas de referência; h é a profundidade da água; $\Omega = 2\pi/T$ é a frequência de onda; λ é o comprimento da onda; H é a altura da onda; $k = 2\pi/\lambda$ é o número de onda; U_{ow} é a velocidade da corrente na superfície da água, considerado 1% da velocidade do vento a uma altura de 10 m. Usando as Equações (7)-(10) os termos de força f_1 , f_2 , f_3 e f_4 podem ser obtidos.

Agora, usando as Equações (1)-(10), as expressões que descrevem o movimento da plataforma sujeita a forças hidrodinâmicas autoexcitadas não lineares podem ser escritas como (ZRIBI ET AL., 2004):

$$\begin{cases} \ddot{z}_1 = -2\xi_1 w_1 \dot{z}_1 - w_1^2 z_1 - \phi_1 K_T (\phi_1 z_1 + \phi_2 z_2) + \phi_1 K_T y \\ \quad - \phi_1 C_T (\phi_1 \dot{z}_1 + \phi_2 \dot{z}_2) + \phi_1 C_T \dot{y} - \phi_1 u + f_1 + f_2 \\ \ddot{z}_2 = -2\xi_2 w_2 \dot{z}_2 - w_2^2 z_2 - \phi_2 K_T (\phi_1 z_1 + \phi_2 z_2) + \phi_2 K_T y \\ \quad - \phi_2 C_T (\phi_1 \dot{z}_1 + \phi_2 \dot{z}_2) + \phi_2 C_T \dot{y} - \phi_2 u + f_3 + f_4 \\ \ddot{y} = -2\xi_T w_T \dot{y} + 2\xi_T w_T (\phi_1 \dot{z}_1 + \phi_2 \dot{z}_2) - w_T^2 y + \\ \quad + w_T^2 (\phi_1 z_1 + \phi_2 z_2) + \frac{1}{m_T} u \end{cases} \quad (11)$$

Definindo as seguintes variáveis de estado:

$$x_1 = z_1; x_2 = \dot{z}_1; x_3 = z_2; x_4 = \dot{z}_2; x_5 = y; e x_6 = \dot{y}$$

O modelo da plataforma da Equação (11) pode ser escrito na forma de espaço de estados como segue:

$$\dot{x} = Ax + Bu + Fg(x, t) \quad (12)$$

Sendo que:

$$A = \begin{bmatrix} 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ -w_1^2 - K_T \phi_1^2 & -2\xi_1 w_1 - C_T \phi_1^2 & -K_T \phi_1 \phi_2 & -C_T \phi_1 \phi_2 & \phi_1 K_T & \phi_1 C_T \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ -K_T \phi_1 \phi_2 & -C_T \phi_1 \phi_2 & -w_2^2 - K_T \phi_2^2 & -2\xi_2 w_2 - C_T \phi_2^2 & \phi_2 K_T & \phi_2 C_T \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \\ w_T^2 \phi_1 & 2\xi_T w_T \phi_1 & w_T^2 \phi_2 & 2\xi_T w_T \phi_2 & -w_T^2 & -2\xi_T w_T \end{bmatrix}$$

$$x = \begin{bmatrix} x_1 \\ x_2 \\ x_3 \\ x_4 \\ x_5 \\ x_6 \end{bmatrix}; \quad B = \begin{bmatrix} 0 \\ -\phi_1 \\ 0 \\ -\phi_2 \\ 0 \\ \frac{1}{m_T} \end{bmatrix}; \quad F = \begin{bmatrix} 0 & 0 \\ 1 & 0 \\ 0 & 0 \\ 0 & 1 \\ 0 & 0 \\ 0 & 0 \end{bmatrix}; \quad g(x, t) = \begin{bmatrix} f_1 + f_2 \\ f_3 + f_4 \end{bmatrix}$$

Para simulação, os dados da onda são (ZRIBI et al., 2004; WU, 2013): $H=12,19$ m, $h=76,2$ m, $\lambda=182,88$ m, e $U_{ow}=0,122$ m/s. A densidade do aço é $7730,7$ kg/m³, a densidade da água é $\rho_w=1025,6$ kg/m³ e o peso do convés de concreto suportado pela estrutura de aço é 6672300 N. Com estes dados, conjuntamente com os dados das Tabelas 3.1 e 3.2, os parâmetros de força de onda em cada junção da estrutura podem ser calculados.

As frequências naturais dos modos de vibração 1 e 2 são $w_1=1,818$ Hz e $w_2=10,8683$ Hz, respectivamente. O amortecimento estrutural em cada modo é considerado 0,5%, i.e. $\xi_1=\xi_2=0,005$, e as contribuições das formas modais são $\phi_1=-0,003445$ e $\phi_2=0,00344628$. Os parâmetros do TMD são escolhidos para es-

tar em sintonia com o primeiro modo, tal que $\omega_T=1,818$ Hz, $\xi_T=0,15$, $K_T=1551,5$ e $C_T=256$ (ZRIBI ET AL., 2004; WU, 2013).

Usando os valores dos parâmetros do sistema, temos que:

$$A = \begin{bmatrix} 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ -3,3235 & -0,0212 & 0,0184 & 0,0030 & -5,3449 & -0,8819 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0,0184 & 0,0030 & -118,1385 & -0,1117 & 5,3468 & 0,8822 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \\ -0,0114 & -0,0019 & 0,0114 & 0,0019 & -3,3051 & -0,5454 \end{bmatrix}$$

$$B = \begin{bmatrix} 0 \\ 0,003443 \\ 0 \\ -0,00344628 \\ 0 \\ 0,00213 \end{bmatrix}$$

Para saber se o modelo do sistema é estável, faz-se necessário a aplicação da álgebra linear. Envolvendo o estudo dos autovalores da matriz A .

3 APLICAÇÃO DA ÁLGEBRA LINEAR

De acordo com Simon (2004), Os autovalores de uma dada matriz quadrada A de dimensão $n \times n$ são os n números que resumem as propriedades essenciais daquela matriz. O autovalor de A é um número λ tal que, se for subtraído de cada entrada na diagonal de A , converte A numa matriz singular. Subtrair um escalar λ de cada entrada na diagonal de A é o mesmo que subtrair λ vezes a matriz identidade I de A . Portanto, λ é um autovalor se e somente se a matriz $(A-\lambda I)$ for singular.

No entanto, o presente trabalho aplica os conhecimentos da matriz diagonal, ou ainda assim, podendo ser chamada de diagonalização de uma matriz. Em que os elementos que pertencem à diagonal principal podem ou não ser iguais a zero, desde que os que não pertencem sejam iguais a zero.

Supondo que a matriz A pode ser diagonalizada, então:

$$D = P^{-1}AP = \text{diag}(\lambda_1, \lambda_2, \dots, \lambda_n) \quad (13)$$

Em que D é a matriz diagonalizada (com os autovalores), P^{-1} é a matriz inversa dos autovalores, A é a matriz quadrada de ordem n e P é a matriz dos autovalores (Lipschutz, 1994).

A partir dos cálculos realizados por meio do modelo computacional e, utilizando os mesmos valores dos parâmetros do sistema do presente trabalho, foi possível encontrar os autovalores da matriz A :

$$A = \begin{bmatrix} -0,0560 + 10,8690j & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & -0,0560 - 10,8690j & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & -0,0276 + 1,8117j & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & -0,0276 - 1,8117j & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & -0,2557 + 1,8059j & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & -0,2557 - 1,8059j & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & -0,2557 - 1,8059j \end{bmatrix}$$

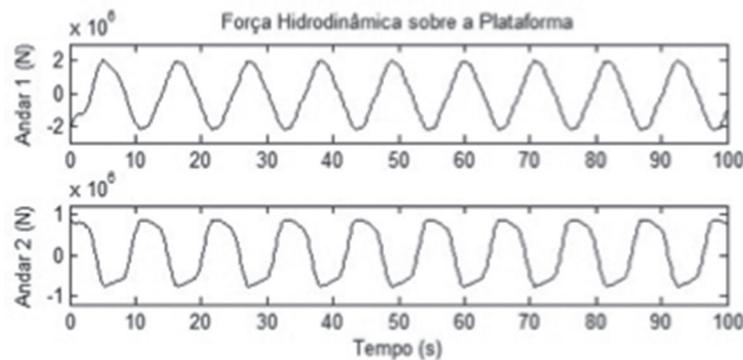
Diante desses autovalores apresentados pode-se afirmar que a parte linear do modelo do sistema é estável. No entanto, trata-se de autovalores bastante próximos do eixo imaginário, o que implica dizer que o desempenho do sistema não é bom.

4 APLICAÇÃO DO CONTROLE NA PLATAFORMA *OFFSHORE*

As Figuras 3 e 4 mostram a força hidrodinâmica da onda, atuando sobre a plataforma e os deslocamentos laterais dos três andares da plataforma (estrutura + TMD), respectivamente, para uma frequência de onda $\Omega=0,5773$ Hz. As amplitudes das oscilações pico a pico dos três andares são 0,4534 m, 0,4935 m e 0,5214 m, respectivamente.

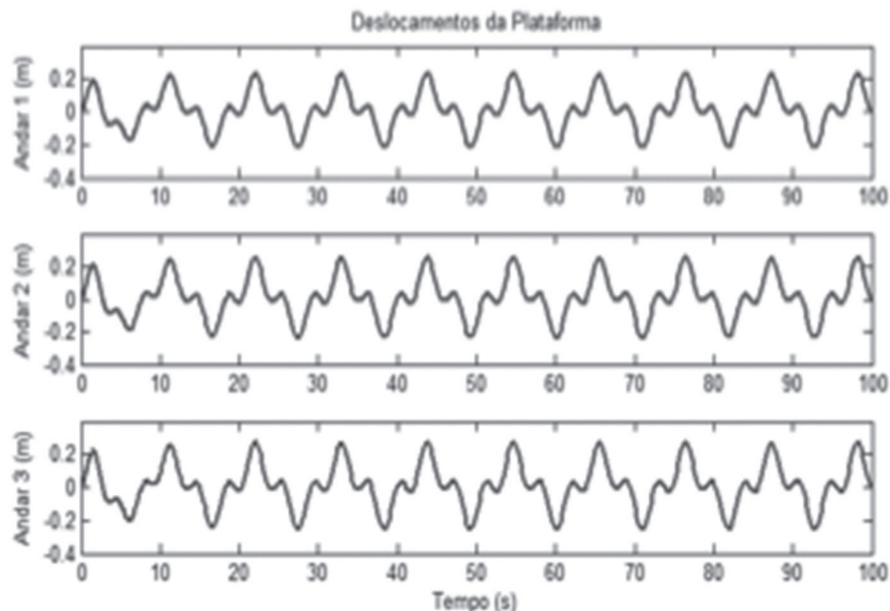
As Figuras 5 e 6 mostram a força hidrodinâmica da onda e os deslocamentos laterais da plataforma, para uma frequência de onda $\Omega=1,8$ Hz, próximo à primeira frequência natural da plataforma. As amplitudes das oscilações pico a pico dos três andares são 1,3691 m, 1,4836 m e 1,5577 m, respectivamente. Como podem ser visualizadas, as amplitudes das oscilações são maiores e, nessas condições, a operação da plataforma é muito perigosa, sendo necessária a adoção de técnicas de controle ativo para atenuar ou eliminar essas oscilações.

Figura 3 – Força hidrodinâmica da onda sobre a plataforma para uma frequência de onda $\Omega=0,5773$ Hz



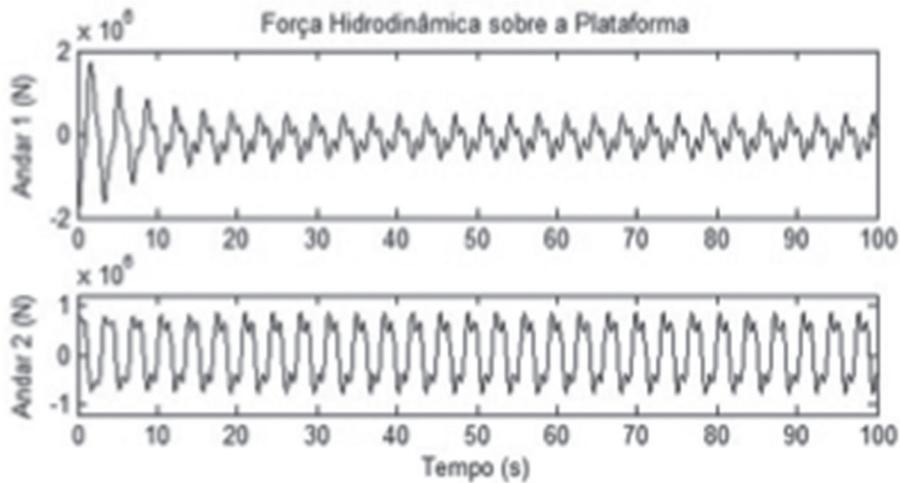
Fonte: próprio autor

Figura 4 – Resposta da plataforma para uma frequência de onda $\Omega=0,5773$ Hz



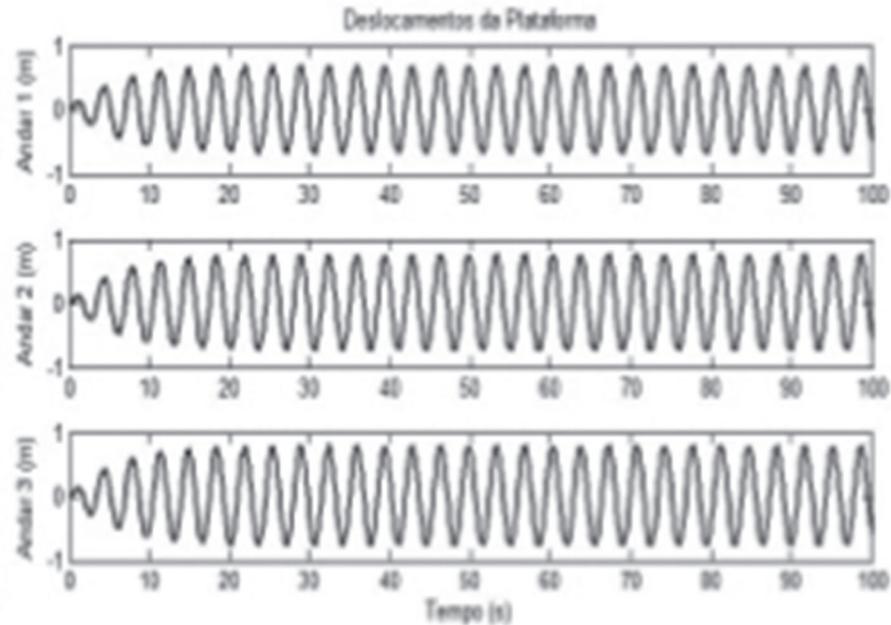
Fonte: próprio autor

Figura 5 – Força hidrodinâmica da onda sobre a plataforma para uma frequência de onda $\Omega=1,8$ Hz

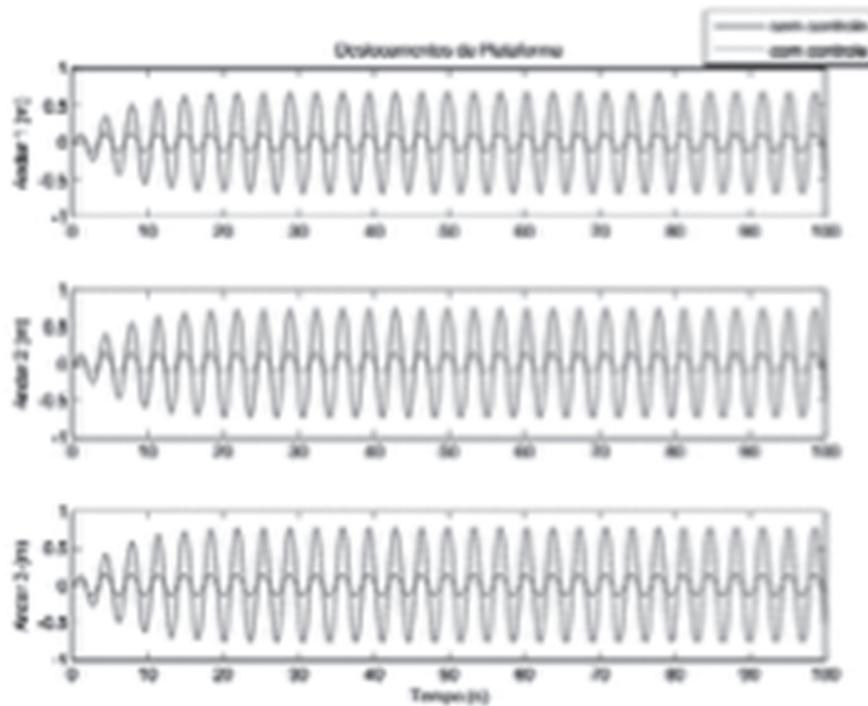


Fonte: próprio autor

Figura 6 – Resposta da plataforma para uma frequência de onda 1,8 Hz



Fonte: próprio autor

Figura 7 – Resposta da plataforma com controle para uma frequência de onda de $\Omega=1,8$ Hz

Fonte: próprio autor

5 CONCLUSÕES

As forças que incidem nas subestruturas poderiam ser um fator limitante para a utilização desse tipo de plataforma em regiões mais remotas, deixando de ser empregada na operação de vários campos de petróleo. Com o auxílio da tecnologia e o estudo físico e matemático melhora-se a segurança dos equipamentos, do efetivo e do meio ambiente. O controle ativo é um bom meio de garantir que a oscilação da plataforma não será o fator inviabilizador da atividade e facilitará os processos de transporte, montagem, manutenção, operação, desmontagem ou abandono.

A álgebra vetorial é a ferramenta fundamental nesta atividade e é capaz de gerar sistemas de equações que, ao serem processadas computacionalmente, indicarão a validade de modelos de acordo com as características de cada região.

REFERÊNCIAS

ABDEL-ROHMAN, M. **Control of nonlinear vibrations in civil structures**. Kuwait: University Press, 1993.

ABDEL-ROHMAN, M. **Structural control of a steel jacket platform**. Structural and Engineering Mechanics, 1996.

CHAKRABATI, S.K. Hydrodynamic of offshore structures. **Springer-Verlag**, Berlin, 1987.

HARISH, N.; SUKOMAL, M.; SHANTHALA, B.; SUBBA, R. Analysis of offshore jacket platform. **Proceedings of the National Conference on Sustainable Water Resources Management (SWaRM 20)**, Surathkal, India, 2010.

LIPSCHUTZ, S. **Álgebra Linear**. São Paulo: Makron Books (coleção Schaum), 1994.

OLIVEIRA, L.B.; CALADO, T.C.; SOTOMAYOR, O.A.Z. Plataformas de petróleo. **Relatório de Pesquisa, Programa de Recursos Humanos PRH-45**. São Cristóvão-SE, Brasil: Universidade Federal de Sergipe, 2011.

PATEL, M.H. **Dynamics of offshore structures**. New York: Butterworth, 1989.

SILVA, L. **Análise modal e controle de plataformas offshore sujeitas às perturbações persistentes**. 2014. 121f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Elétrica) – Universidade Federal de Sergipe, Brasil, 2014.

SIMON, Carl P., e BLUME, Lawrence. Matemática para Economistas. Porto Alegre: Bookman, 2004, reimpressão 2008, Capítulo 23, p.583-585. ISBN 978-85-363-0307-9.

WU, Z. Sliding mode control for offshore jacket platforms with external disturbances and nonlinear self-excited wave force. **Journal of Computational Information Systems**, 9(3): 1237-1245, 2013.

ZRIBI, M.; ALMUTAIRI, N.; ABDEL-ROHMAN, M.; TERRO, M. Nonlinear and robust control schemes for offshore steel jacket platforms. **Nonlinear Dynamics**, 35(1): 61-80, 2004.

Data do recebimento: 11 de Dezembro de 2014

Data da avaliação: 5 de Janeiro de 2015

Data de aceite: 15 de Janeiro de 2015

1 Profa. Mestre Universidade Tiradentes – UNIT. E-mail: ericagama@hotmail.com

2 Graduando em Engenharia de Petróleo – Universidade Tiradentes – UNIT.

E-mail: juniord211@hotmail.com

3 Graduando em Engenharia de Petróleo – Universidade Tiradentes – UNIT.

E-mail: leticia_cm@hotmail.com.br

4 Graduando em Engenharia de Petróleo – Universidade Tiradentes – UNIT.

E-mail: samuel-guedes@hotmail.com

5 Graduando em Engenharia de Petróleo – Universidade Tiradentes – UNIT.

E-mail: tales_ufs@hotmail.com

6 Prof. Mestre – Universidade Federal de Sergipe – UFS. E-mail: trixluc@hotmail.com