

GABIÕES NO SOLO OCEÂNICO PARA PROTEÇÃO DA VIDA MARINHA CONTRA A ATIVIDADE DE CRAVAÇÃO DE ESTACAS

Palavras-Chave: ANÁLISES MULTIFÍSICAS, ATENUAÇÃO DE VIBRAÇÃO

Autores:

BEATRIZ OBA ALVES RIBEIRO, FEM-UNICAMP

JOVANA JOVANOVA (co-orientadora), TU DELFT

JOSUE LABAKI (orientador), FEM - UNICAMP

INTRODUÇÃO

A proposta da pesquisa é estudar se a instalação de gabiões em torno de operações de cravação de estacas no solo oceânico é uma medida efetiva contra a vibração de baixa frequência gerada por tais operações. A geração de energia renovável e limpa através de fazendas eólicas situadas no mar tem a vantagem, em relação à opção em terra, de obter ventos mais fortes e consistentes, apresentando por outro lado desafios técnicos e logísticos e inclusive ambientais.

Monoestacas são cravadas no solo através de martelos de impacto, dissipando uma grande parte de energia no mar na forma de ondas de pressão sonora, impactando a vida marinha no entorno. Mamíferos marinhos, por exemplo, são afetados em sua audição, da qual dependem para navegação, comunicação e defesa contra predadores, em especial na faixa sonora de baixa frequência.

Já são utilizadas atualmente técnicas para mitigar este impacto ambiental, como as cortinas de bolhas, técnica que apresenta algumas limitações (Dähne et al., 2017). A melhor técnica atualmente seria a utilização de amortecedores feitos de metamateriais (“metacushions”), desenvolvidos no laboratório da profa. Jovana Jovanova na TU Delft’s (Vasconcelos et al., 2021), que reduz significativamente o ruído na frequência de interesse. Estas técnicas atuam na redução de ruído diretamente no meio aquoso, sendo mais efetivas nas proximidades da fazenda eólica.

Entretanto, a propagação de ondas sonoras diretamente através do solo, e a correspondente energia, podem afetar danosamente o ecossistema marinho a quilômetros de distância. Já se verificou, na busca de novas soluções para a atenuação da vibração no solo, que através da colocação de gabiões consegue-se a um custo relativamente baixo uma dramática atenuação do movimento do solo, inclusive em frequências muito baixas (Carneiro et al., 2022). A modelação no caso envolve meios ilimitados como solo e fluidos, o que dificulta a utilização de métodos que envolvem a discretização clássica do domínio. Busca-se no presente trabalho a abordagem através das ferramentas do software de elementos finitos Ansys, bem como a utilização do método/modelo Perfectly Matched Layer (PML).

METODOLOGIA

Com a utilização das ferramentas de software ANSYS®, foram efetuadas modelagens de estaca, representada por um sólido cilíndrico maciço, em meio fluido água/ar, aberto à pressão atmosférica, e preso ao solo. Em face da atividade de cravação de estacas, também foi considerada uma carga na ponta da estaca, em análise transiente. Procurou-se utilizar valores de dimensões da estaca e carga aplicada compatíveis com a realidade, conforme informações obtidas em pesquisa.

A interação fluido-estrutura (FSI) do fluido água/ar com o cilindro foi efetuada pelo System Coupling do ANSYS®, que gera resultados de diversas variáveis no sólido e no fluido, permitindo a análise de ambos, em abordagem 2-way, ou seja, há transferência de dados do sólido para o fluido e vice-versa. A versão do Ansys® foi a Student 2024 R1, que tem algumas limitações. Em especial, a malha (mesh) a ser considerada não pode ser reduzida de tamanho em demasiado pois excederia a capacidade de processamento permitida para as versões Student.

Em se tratando de um software de elementos finitos, o tamanho e a forma da malha, que representam a divisão do domínio do problema em subdomínios, interferem tanto na precisão dos cálculos como no tempo de processamento, tendo se buscado um compromisso entre as possibilidades do software utilizado, do computador e a confiabilidade dos resultados.

Para a integração do sólido ao modelo, com posterior aplicação do método Perfectly Matched Layer (PML), utiliza-se também a Ansys Parametric Design Language (APDL), linguagem de script estruturada que interage com o solucionador ANSYS® Mechanical e permite customizar o processo de simulação em tarefas que não são parte dos procedimentos padrão de modelagem no ANSYS®.

Com a incorporação do solo teríamos um modelo de interação multifísico fluido-solo-estrutura, sendo ainda adicionada a estrutura pertinente aos gabiões.

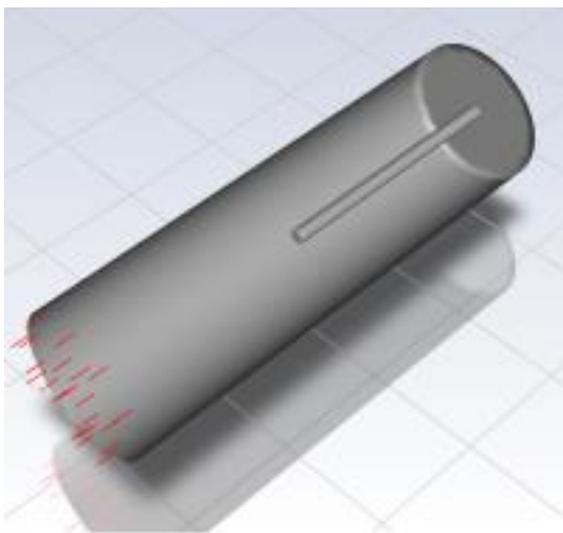


Fig 1: Geometria com estaca e domínio de fluido cilíndricos, aberto à atmosfera (vermelho)

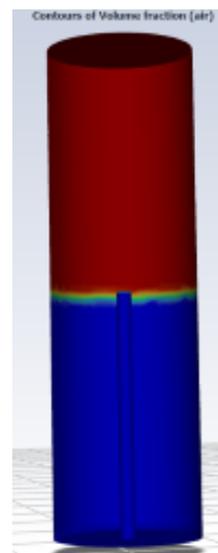


Fig. 2: Representação de estaca submersa em água (azul)

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Em decorrência da interação fluido-estrutura podem ser obtidos resultados de diversas variáveis em função do tempo (análise transiente), tais como pressão e velocidade no fluido, força de reação e deformação no sólido, deslocamento no fluido gerado por carga imposta na estaca e força transmitida pelo fluido ao sólido, sendo observados tanto para condição “zero” (sem carga na ponta da estaca) como considerando carga (força) na ponta da estaca, simulando a situação prática descrita: uma monoestaca (“monopile”) em contato com o solo oceânico e sendo geradas vibrações em razão de uma força externa (gerada pela máquina bate-estacas).

Efetuada a carga, há um deslocamento incremental e um aumento de velocidade nos pontos do fluido próximos ao cilindro, maior quanto mais próximo ao local da carga, como se vê na figura 3 abaixo, ao longo do eixo z. A região em destaque é a superfície de contato entre a cilindro e o fluido.

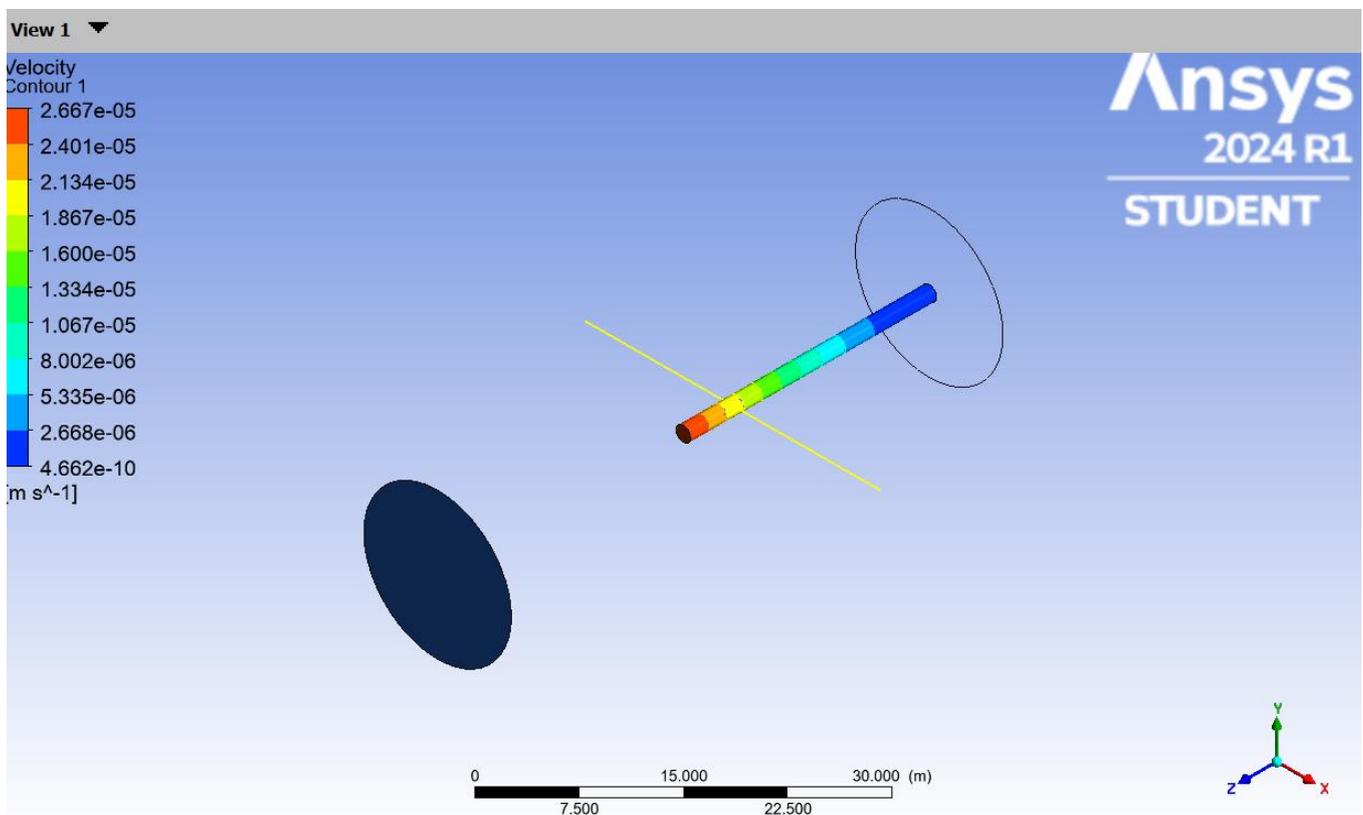


Figura 3 - Velocidade dos pontos do fluido na superfície de contato estrutura/fluído, $t = 4\text{s}$

O aumento de velocidade também é maior próximo ao cilindro, como se vê no gráfico da figura 4, que apresenta os valores de magnitude da velocidade nos pontos ao longo do eixo x representados pela linha amarela constante da figura 3.

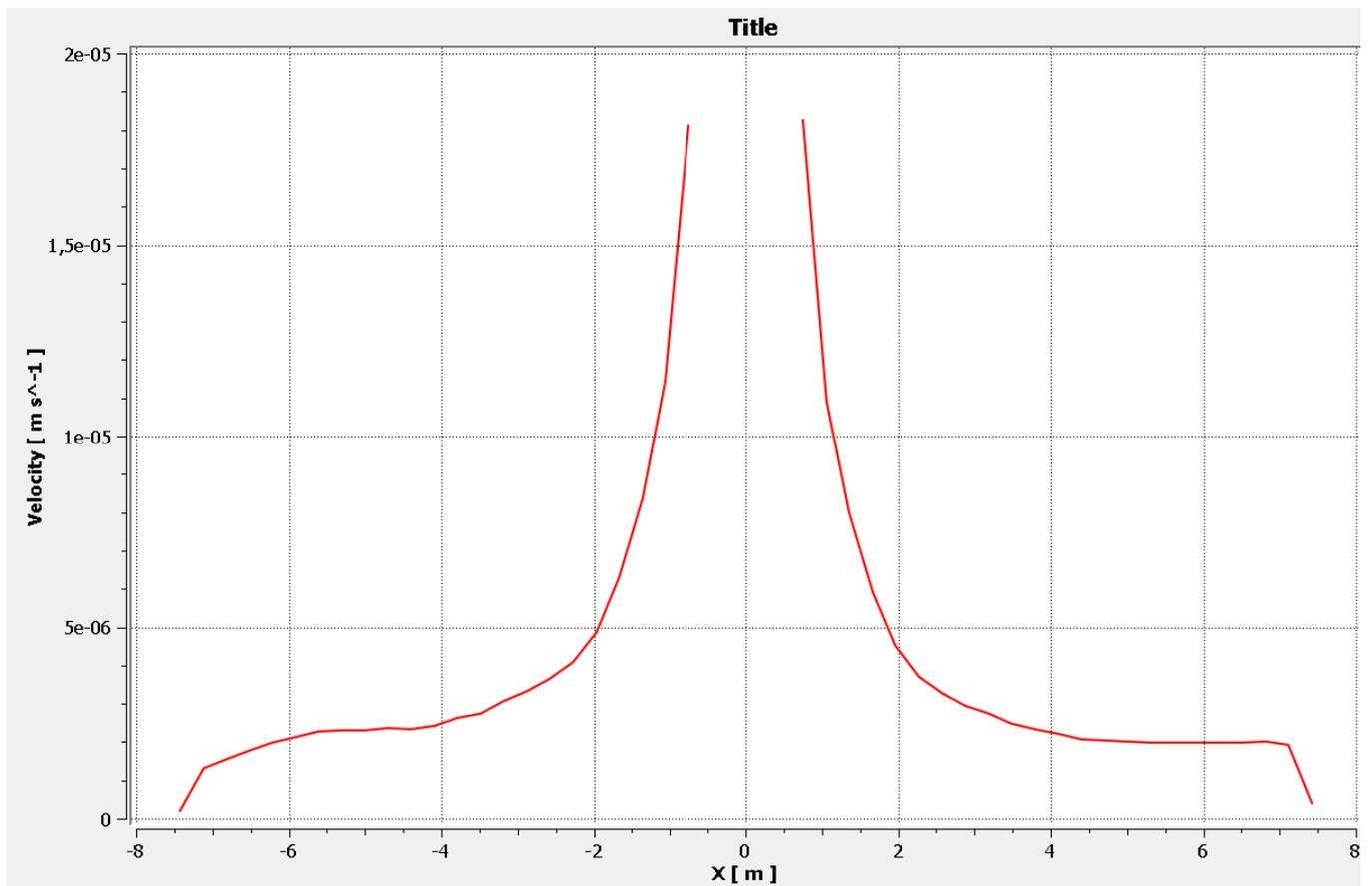


Fig. 4. Velocidade dos pontos da água a 5 m de profundidade em função da distância ao eixo do cilindro, t = 4s

Também se observou, como esperado, que a pressão nos pontos de fluido varia basicamente com a profundidade na água, aumentando cerca de 50 kPa a cada 5 metros.

CONCLUSÕES

A pesquisa buscou a incorporação completa do modelo de interação multifísica fluido-solo-estrutura, representativo de uma monoestaca (“monopile”) em contato com o solo oceânico e sendo geradas vibrações em razão de uma força externa (gerada pela máquina bate-estacas). As ferramentas de análise multifísica oferecidas pelo Ansys tem se mostrado adequadas para fins de representação tanto do comportamento da monestaca em contato com o solo como do meio fluido envolvido no problema multifísico, incorporando-se um modelo de fluido no contexto de modelo de interação multifísico fluido-solo-estrutura, visando o estudo da propagação de ondas em meio saturado.

BIBLIOGRAFIA

ANSYS, Inc. ANSYS FLUENT 12.0 User's Guide. Disponível em: <https://www.afs.enea.it/project/neptunius/docs/fluent/html/ug/main_pre.htm>; Acesso em: 05 mar. 2024.

Carneiro, D., Barros, P. L., and Labaki, J. (2022). Ground vibration attenuation performance of surface walls. *Computers and Geotechnics*, 149:104715.

Dähne, M., Tougaard, J., Carstensen, J., Rose, A., and Nabe-Nielsen, J. (2017). Bubble curtains attenuate noise from offshore wind farm construction and reduce temporary habitat loss for harbour porpoises. *Marine Ecology Progress Series*, 580:221–237.

Hami, A.E, Radi, B. *Fluid-Structure Interactions and Uncertainties: Ansys and Fluent Tools*. Wiley-ISTE, London, 2017.

Sun, Z.; Yu, H.; Li, C.; Liu, R.; Li, Q.; Su, C. Ground and Pile Vibrations Induced by Pile Driving. *Buildings* 2023, 13, 1884. <https://doi.org/10.3390/buildings13081884>

Vasconcelos, A. C., Schott, D., Aragón, A. M., and Jovanova, J. (2021). Single-phase elastic metamaterials for wave filtering. In *Smart Materials, Adaptive Structures and Intelligent Systems*, volume 85499, page V001T01A015. American Society of Mechanical Engineers.