

PLANO DE TRABALHO DE PESQUISA

1 – IDENTIFICAÇÃO

Nome do Bolsista Anna Li Shu Xin	Matrícula 117282591
Título do Programa PRH18-ANP - Setor de Petróleo, Gás, Biocombustíveis e Energias Renováveis	
Título do Curso / Especialização Engenharia naval e Oceânica	
Instituição Universidade Federal do Rio de Janeiro	Sigla UFRJ
Nome do Orientador (1) Richard David Schachter	Nome do Orientador (2) Juan Bautista Wanderley

2 – TÍTULO DO TRABALHO

Estudo de *Slamming* em Lanchas para operarem como *Crew Boats* no pré-sal.

3 – INTRODUÇÃO / OBJETIVO (no máximo 1 página)

O trabalho tem por objetivo estudar os fenômenos de *slamming* e *porpoising* traçando paralelos entre ambos de forma a estabelecer relações que possibilitem prever o comportamento de embarcações de sustentação dinâmica em estados de mar de diferentes severidades, além do caso de águas tranquilas para o caso de *porpoising*. Propor formas de cascos alternativas que visem cessar ou minimizar estes comportamentos dinâmicos através de estudos analítico-empíricos com possíveis utilizações de apêndices, otimização da posição do centro de gravidade e do centro de giração. Mensurar e comparar as acelerações verticais em pontos específicos da embarcação em análises no domínio do tempo e da frequência, levando em conta regimes permanentes e transientes.

Neste trabalho procurar-se-á identificar as melhores ferramentas computacionais e teorias mais eficazes na caracterização dos comportamentos que esperam ser observados. Para isto, serão feitas comparações com Teoria das Faixas e Método dos Painéis em dois softwares, o *Maxsurf Motions* e o ANSYS AQWA para três tipos de embarcações, implicando em três diferentes regimes de velocidade.

Os estudos visam permitir a compreensão do *slamming* e *porpoising* e propor soluções para minimizar ou impedir estes comportamentos através da otimização de formas de casco e variação de parâmetros como o centro de gravidade ou raio de giração.

4 – RELEVÂNCIA DO TEMA / JUSTIFICATIVA (no máximo 1 página)

O comportamento dinâmico em ondas tem seu papel importante na determinação dos parâmetros de projeto de qualquer embarcação, uma vez que o produto final estará inserido a este meio. O estudo das reações frente às ondas, como *slamming* e em águas tranquilas, *porpoising*, são fundamentais para a previsão de respostas que poderiam submeter a estrutura da embarcação de forma direta e indireta. As simulações computacionais vem mostrando-se ser cada vez mais eficientes e confiáveis frente a essas previsões e respostas, auxiliando na determinação dos critérios do projeto através de testes. Neste caso, foram escolhidos o softwares: *Maxsurf Motions* e ANSYS AQWA.

Os *crew boats* são embarcações de apoio offshore, voltados para o transporte de pessoas, combustíveis e água potável. Os seus papéis de abastecimento são cruciais para o desenvolvimento do projeto offshore, visto que fornecem essa conexão entre as bases e as instalações. Eles também são utilizados para pequenas tarefas e manutenções, onde são construídos para trabalharem de forma razoável e prática em diversos níveis de condições de mar. Por ser um meio de transporte de pessoas, um dos fatores determinantes para assegurar a segurança dos tripulantes é a altura metacêntrica, devendo ser minimizada ao máximo de acordo com o intervalo de estabilidade, como também, sem ou com o mínimo de *slamming* possível, ambos devendo ser calculados com antecedência utilizando as ferramentas e os métodos apropriados.

As lanchas são veículos náuticos com diversas finalidades, porém semelhantes no quesito em que sempre transportam pessoas. São embarcações que vem sempre sendo inovadas e adaptadas a novas condições visando a missão que é apresentada, podendo ser de pequeno, médio e grande porte. Elas possuem normalmente cascos de planeio, alguns com degraus no fundo, que possibilitam o alcance de altas velocidades com economia de combustível.

5 – ESTADO DA ARTE E METODOLOGIA (no máximo 3 páginas)

Metodologia

A metodologia deste trabalho consiste em estudos teóricos sobre os fenômenos de *slamming* e *porpoising*, pesquisa bibliográfica sobre os temas, análise de softwares para simular o comportamento, estado da arte de cascos planadores, comparações entre *slamming* e *porpoising*, formulações para obtenção de acelerações verticais no estado de mar da Baía de Santos e investigação dos influenciadores destes comportamentos nas equações do movimento, seguidos de estudos sistemáticos de *seakeeping* nesta região de cascos planadores no domínio do tempo.

O Estado da Arte - *Slamming*

O fenômeno de onda consequente das transferências de energia do vento é classificado por períodos ou pelo seu intervalo de frequência, influentes principalmente quando o período corresponde de 4 a 20 segundos, onde encontra-se a ocorrência de maior energia de ondas. Essas forças diversas apresentadas no fenômeno refletem no efeito de *slamming*, uma vez que o navio passa a desfrutar de oscilações ao mesmo tempo que sofre impacto diante das ondas nas quais atribuem as perturbações, gerando a ressonância quando a onda incidente apresentar a mesma frequência natural (ou muito próxima) da estrutura. A estrutura oscilará com amplitudes cada vez maiores, capazes de danificar em diferentes níveis a parte submersa do corpo.

15, Outubro, 2020.

Pesquisa: “*Slamming*”

Foram escolhidos os 5 artigos mais relevantes na pesquisa no *Google Scholar* de acordo com os critérios:

1. Período de 2015 a 2020
2. Classificar por relevância
3. Em qualquer idioma
4. Incluir patentes
5. Incluir citações

(1) De acordo com o artigo ‘*Review of ship slamming loads and responses*’ (2017), S Wang, CG Soares, o *slamming* pode ser dividido em problemas locais e globais, sendo a primeira de extrema relevância para o estudo da segunda. Como projeto preliminar, são recomendados métodos de aproximação mais simples para uma análise prévia da estrutura, sendo considerado todas as cargas e seus movimentos nas quais a embarcação estará suscetível e suas possíveis respostas. Os métodos são revisados durante o processo para o acompanhamento das previsões. Sugere-se soluções analíticas para estruturas mais simples, e ferramentas numéricas para estruturas mais complexas.

(2) O artigo ‘*Wave interaction with an Oscillating Wave Surge Converter. Part II: Slamming*’ (2016), Y Wei, T Abadie Henry, F Dias, apresenta o estudo do *slamming* em um OWSC através de realizações experimentais por meio do acompanhamento de quadro de imagens distribuídos espacialmente e temporalmente, e comparação dos resultados dos dados numéricos gerados experimentalmente. Utiliza-se como ferramenta computacional o VOF (*volume of fluid*) para a modelação da superfície livre, no caso, *flap*, e o estudo dos efeitos de múltiplas reflexões, com as cargas de impacto envolvidas.

Os artigos (1) e (2) apresentam a relevância do uso de ferramentas computacionais em todas as etapas do projeto para a previsão de respostas que podem acarretar irregularidades na estrutura da embarcação, sendo o primeiro um estudo mais geral relacionado aos conceitos de *slamming*, frequências de acontecimento, cargas e respostas da embarcação, enquanto a segunda apresenta uma análise mais fixa no conversor de energia OWSC aplicado às ondas, e seus efeitos na superfície livre, expondo o efeito de re-reflexão.

(3) O artigo ‘*A multiphase compressible-incompressible particle method for water slamming*’ (2016), A Khayyer, H Gotoh, apresenta um novo método de partículas, estendido a partir do MPS e com ECS melhorado, com sistematização de cálculo de equações como Poisson para previsão de pressões de diferentes estados da água (líquida e gasosa). O método consiste em um diferencial relacionado ao estudo dinâmico do ar e seus efeitos de amortecimento, como também, seus cálculos inseridos em uma escala de máximos e mínimos.

(4) O artigo ‘*Analysis of hydroelastic slamming through particle image velocimetry*’ (2015), R Panciroli, M Porfiri, apresenta resultados que auxiliam na esquematização do uso de ferramentas computacionais através de estudos dos efeitos hidroelásticos por meio de velocimetria de partículas da carga. No estudo, são analisados a queda livre velocidade e campos de pressão da água, associando as forças e os carregamentos hidrodinâmicos às oscilações temporais e vibrações multimodais.

Os artigos (3) e (4) apresentam métodos inovados de aplicação das ferramentas, ressaltando pontos de relevância ao utilizar a parte computacional como apoio de projetos. Essa sistematização é um fator fundamental, uma vez que tempo normalmente é relacionado ao custo, bem como precisões melhores e mais detalhadas simplificam a visualização e a construção da esquematização do processo.

(5) O artigo ‘*Slamming: Recent progress in the evaluation of impact pressures*’ (2018), F Dias, JM Ghidaglia, apresenta a mecânica dos fluidos a partir de métodos numéricos e mostra sua viabilidade, descrevendo os processos de carregamento e oferecendo diversos resultados baseados em pesquisas já existentes como fator de responder questões relacionadas à parte do *slamming* e seus impactos, trabalhando nas direções teórica, experimental e numérica. Identifica os métodos numéricos de CFD, bem como aponta alguns desafios do equipamento relacionados à captura de picos de pressão devido às convergências de estatísticas, tendo em vista que são muitas matrizes complexas envolvidas.

O artigo (5) corresponde a um compilado de informações baseados em bibliografias e métodos numéricos a fim de responder e sugerir questões relacionadas ao tema, *slamming*. Como ferramenta computacional, aponta o CFD como valiosa, considerando seus testes de parâmetros, hipóteses e modelos, com base na diversidade de cargas e as experimentações, que se tornam possíveis com esse instrumento, apesar dos desafios descritos acima.

O Estado da Arte - Programas para Seakeeping

AQWA

O software AQWA é composto por um conjunto de ferramentas voltadas ao estudo de engenharia que visam a análise de estruturas flutuantes e fixas submetidas a cargas hidrodinâmicas (ondas, ventos e correntes), fundamentado através do método de painéis e da teoria potencial 3D. O programa é processado através da interface *Ansys Workbench*. Em síntese, primeiramente desenvolve-se a geometria, posteriormente elabora-se os elementos que compreendem na malha ao redor da superfície do corpo, a fim de possibilitar que o programa resolva as equações com base nas condições de contorno apresentadas no modelo. Identifica-se uma possibilidade de otimização dos processos através do uso de ferramenta de parametrização disponível na própria interface, permitindo variações e verificações dos parâmetros com mais eficiência.

SHIPFLOW

O *Shipflow* é um produto da *Flowtech International AB*, uma ferramenta que apresenta diversos serviços relacionados à aplicação de CFD para projetos de navios. É um programa otimizado para os projetos hidrodinâmicos das embarcações que fornece previsões de movimentação da estrutura do navio e as resistências das ondas regulares e irregulares. As saídas principais incluem séries temporais e operadores de amplitude de resposta. O pacote é voltado para a simplificação do formato do casco e uso dos parâmetros das embarcações e das cargas para otimizar o consumo de energia e análise numérica hidrodinâmica.

STAR CMM

O software STAR CMM, produto da *Siemens PLM Software*, realiza serviços voltados ao CFD multifísico, utilizando análise de elementos finitos e/ou métodos de volumes finitos. Seu principal diferencial é a possibilidade

de realizar explorações de design nas simulações de forma mais eficiente, tornando o projeto visualmente mais instintivo através de uma exploração do espaço do projeto de forma mais ampla, e facilitando a compreensão e melhores avaliações quanto ao resultado.

OpenFOAM

O *OpenFOAM* é um software gratuito de linguagem C++ voltado para análise numérica e soluções de problemas, como o CFD. Por possuir um código aberto, torna-se vantajoso quanto a troca intelectual, uma vez que os usuários passam a ter acesso a modelagens já existentes e compartilham seus projetos. O programa possui diversas ramificações voltadas para o setor naval, como estudos de cargas, mecânica dos sólidos e transferência de calor.

MaxsurfMotions

O software *MaxsurfMotions* fornece diversos tipos de ferramentas para previsão de desempenho das embarcações, através da leitura do projeto e cálculos diretos quanto as características de movimento do corpo, como respostas de rotação, inclinação e confortabilidade em relação ao deslocamento. Os dados são apresentados de forma simultânea em gráficos e tabelas, e podem ser integrados a um terceiro programa para análises posteriores. É um programa que permite comparação entre cascos a fim de prever suas capacidades de navegação e otimizações no projeto. O estudo se baseia, principalmente, na Teoria das Faixas.

WAMIT

O WAMIT é um compilado de ferramentas de análise de interações entre as cargas hidrodinâmicas e a estrutura utilizando o método dos painéis ou um método de segunda ordem relacionado a *B-splines*, diante de avaliações de soluções de segunda ordem em ondas bicromáticas e bidirecionais. As configurações de entrada também podem ser inseridas por meio de uma interface pré-programada de arquivos, onde os módulos independentes permitem uma maior facilidade na personalização do uso do programa.

6 – ETAPAS (no máximo 2 páginas)

(1) Observação

A visualização do tema do projeto é realizado através da parte de pesquisas bibliográficas acompanhadas de revisões teóricas, buscando obter um maior número de informações relacionadas ao conteúdo, bem como detalhes para melhor elaboração textual posterior com clareza e precisão.

O treinamento dos programas de ANSYS/AQWA e *Maxsurf Motions* entra como leitura de manuais e práticas iniciais, visando melhor conhecimento e noção sobre as ferramentas a serem trabalhadas posteriormente na etapa de experimentação.

(2) Análise de Problemas

Após a construção da base de informações, serão formulados problemas e desafios a fim de alcançar os objetivos iniciais determinados. É uma etapa crucial para a determinação do caminho que o projeto seguirá. Serão determinados parâmetros adequados para formas de casco.

(3) Formulação da hipótese

Serão selecionadas e decididas as formas para os três tipos de embarcações, considerando os parâmetros necessários identificados na análise elaborada anteriormente.

Posteriormente, serão formuladas propostas de dispositivos para minimizar o *slamming*, de acordo com a análise dos resultados obtidos na experimentação.

(4) Experimentação

PRH-ANP/MCT nº

Os aprendizados bibliográficos seguidos dos treinamentos correspondentes às ferramentas computacionais serão aplicados nessa etapa em cima das hipóteses selecionadas. Serão realizados processamentos das simulações, bem como análise dos resultados.

Algumas outras propostas, como de dispositivos para minimizar o *slamming* serão aplicados para a nova experimentação de processamento de simulação, onde serão gerados novos resultados.

(5) Teoria

A teoria será construída em todas as etapas do trabalho, e revisada a partir de novas informações. Como resultado final, será inserido na composição do texto da monografia para a entrega.

7 – CRONOGRAMA DE TRABALHO (no máximo 1 página)

1. Pesquisa bibliográfica, revisão teórica – 2 meses
2. Treinamento em ANSYS/ AQWA e *Maxsurf Motions* – 6 meses
3. Seleção e definição da forma dos três tipos de embarcação – 2 meses
4. Processamento das simulações – 2 meses
5. Análise dos resultados – 2 meses
6. Propostas de dispositivos para minimizar o *slamming* – 6 meses
7. Processamento de simulações com os dispositivos – 2 meses
8. Análise dos resultados e composição do texto da monografia – 2 meses

8 – DISCIPLINAS DA ESPECIALIZAÇÃO (listar as disciplinas complementares obrigatórias para o PRH-ANP que pretende cursar)

1. EEN645 - Projeto de Embarcações de Alto Desempenho
2. EEN661 - Hidrodinâmica de Sistemas Oceânicos I
3. EEN662 - Hidrodinâmica de Sistemas Oceânicos II
4. EEN604 - Tecnologia dos Sistemas Oceânicos III
5. EEN004 - A Natureza da Engenharia
6. EEN597 - Tópicos Especiais em Engenharia Naval

9 – REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Kapsenberg, Geert. (2011). Slamming of ships: Where are we now?. Philosophical transactions. Series A, Mathematical, physical, and engineering sciences. 369. 2892-919. 10.1098/rsta.2011.0118.
2. Ship Hydromechanics and Structures Department, Marine Research Institute Netherlands, Netherlands Delft University of Technology. Wageningen, The Netherlands, 2011
3. Donato, Marcos. Lecture (Hidrodinâmica). Mentoria - Masseti, Isaías. Rio de Janeiro, RJ. Setembro 27, 2019
4. Wang, Shan & Guedes Soares, Carlos. (2017). Review of ship slamming loads and responses. Journal of Marine Science and Application. 16. 427–445. 10.1007/s11804-017-1437-3.
5. Wei, Yanji & Abadie, Thomas & Henry, Alan & Dias, Frederic. (2016). Wave interaction with an Oscillating Wave Surge Converter. Part II: Slamming. Ocean Engineering. 113. 319-334. 10.1016/j.oceaneng.2015.12.041.
6. Khayyer, Abbas & Gotoh, Hitoshi. (2016). A Multiphase Compressible–Incompressible Particle Method for Water Slamming. International Journal of Offshore and Polar Engineering. 26. 10.17736/ijope.2016.mk42.
7. Panciroli, Riccardo & Porfiri, M.. (2015). Analysis of hydroelastic slamming through particle image velocimetry. Journal of Sound and Vibration. 347. 10.1016/j.jsv.2015.02.007.
8. Frédéric & Ghidaglia, Jean-Michel. (2018). Slamming: Recent Progress in the Evaluation of Impact Pressures. Annual Review of Fluid Mechanics. 50. 243-273. 10.1146/annurev-fluid-010816-060121.
9. Ansys. Manual do Usuário AQWA
10. Ansys. Ansys Realease 13.0
11. Produtos. Serviços. Shipflow,2020. Disponível em <www.flowtech.se>
12. Software CFD Simcenter STAR-CCM+. Siemens, 2020. Disponível em

PRH-ANP/MCT nº

<www.plm.automation.siemens.com/global/en/>
13. OpenFOAM v2006 Released. OpenFOAM,2020. Disponível em <www.openfoam.com>
14. WAMIT, INC. User Manual
15. Motions Seakeeping Performace Prediction. Motions, 2020. Disponível em: <www.maxsurf.net>

10 – OBSERVAÇÕES PERTINENTES (por exemplo recursos financeiros envolvidos etc)

--

Local	Data
Rio de Janeiro, RJ	24 / 10 / 2020