

PLANO DE TRABALHO DE PESQUISA

1 – IDENTIFICAÇÃO	
Nome do Bolsista Lucas Vieira Bernadino	Matrícula 115037534
Título do Programa PRH-18	
Título do Curso / Especialização Engenharia Naval e Oceânica	
Instituição Universidade Federal do Rio de Janeiro	Sigla UFRJ
Nome do Orientador (1) Julio Cesar Ramalho Cyrino	Nome do Orientador (2) Murilo Augusto Vaz
2 – TÍTULO DO TRABALHO	
Reparação de estruturas tubulares danificadas com perfuração por meio de material compósito	
3 – INTRODUÇÃO / OBJETIVO (no máximo 1 página)	
<p>Em plataformas offshore com vários anos de serviço existem estruturas tubulares com avançado grau de deterioração por corrosão que necessitam de reparos. Uma das alternativas ao reparo convencional é a aplicação de laminado compósito.</p> <p>Assim, este projeto visa estabelecer um embasamento numérico para o projeto de reparo de estruturas tubulares perfuradas sujeitas a cargas combinadas de flexo-compressão, usando materiais compósitos de fibra carbono com resina epóxi, visando recuperar a resistência original.</p>	
4 – RELEVÂNCIA DO TEMA / JUSTIFICATIVA (no máximo 1 página)	
<p>Os materiais compósitos estão sendo utilizados cada vez mais em engenharia, e os seus campos de aplicação estão se estendendo além de embarcações de regata. Com o avanço tecnológico dos equipamentos subsea, se tornou indispensável a utilização de compósito em aplicações da indústria naval, principalmente em tubulações de aço que sofrem com o desgaste das cargas operacionais sofridas durante sua vida útil. Danos nesses tipos de estruturas podem acarretar acidentes de grandes proporções e o reparo utilizando compósito se tornou uma ferramenta excelente para reparar estas estruturas, devido às suas altas resistências, baixa corrosividade e não necessidade de solda.</p>	
5 – ESTADO DA ARTE E METODOLOGIA (no máximo 3 páginas)	
<p>Hoje em dia este tema está em alta, com diversos estudos sobre o assunto. Existem estudos (NETO, V. A.; SILVA, N. S.) que abordam e avaliam experimentalmente os sistemas de revestimento e as propriedades mecânicas, além da eficiência anticorrosiva ao se inserir materiais compósitos em meio aquoso.</p> <p>É também visto hoje em dia a eficiência dos reparos feitos utilizando este material para se substituir a solda (CURY, C. F., 2016), onde são experimentados diversos corpos de prova e são estudados diferentes pressões hidrostáticas e tempos de reparo.</p> <p>Há estudos (GARCIA, L.P.; MORILLA, J.C., 2012) relacionados às diferenças das propriedades mecânicas dos compósitos antes e depois de serem imersos em fluidos através de experimentos, tal como os resultados referentes à inspeção do duto após o reparo e dos defeitos que podem ocorrer durante a aplicação do compósito sobre o duto.</p> <p>Outros estudos (JUNIOR, M.M., 2016) tratam da análise do reforço em soldas circunferenciais corroídas utilizando material compósito para assegurar a integridade estrutural.</p> <p>Há também estudos (FELIPPES, B.A., 2010) de análises numéricas que tratam de dutos de aço carbono que sofreram desgaste na região central e que foram reparados com resina epóxi reforçada com tecidos híbridos.</p>	

6 – ETAPAS (no máximo 2 páginas)

Primeiramente, foi criado um programa na linguagem de programação Python, de forma que dados alguns parâmetros de entrada, tais como número de camadas, constantes do material, ângulo de aplicação das fibras, entre outros, o mesmo retornasse as tensões e deformações do laminado e também de cada camada de lâmina, de acordo com a teoria de estado plano de tensões em materiais compósitos.

Após isto, foi feito um estudo em elementos finitos de um duto de 4 camadas de fibra de carbono com resina epóxi submetido a carregamentos axissimétricos, de forma a analisar como os ângulos de aplicação de fibras influenciam na resistência do duto. Também foram comparadas a solução numérica com a analítica, de forma a validar os resultados. Um ponto importante foi o estudo da melhor malha computacional para se resolver este tipo de problema, de forma que a solução seja aderente e não possua um peso computacional elevado. O resultado deste estudo foi publicado no Congresso do SOBENA (Sociedade Brasileira de Engenheiros Navais), maior congresso de engenharia naval do país, e o artigo já consta nos anais do mesmo.

Em paralelo, foi sendo desenvolvida a parte experimental do projeto, onde foram realizados ensaios de tenacidade à fratura modo 1 e modo 2 em um corpo de prova composto de uma chapa de aço laminada com uma camada de material compósito. Neste tipo de ensaio, é criada uma trinca inicial na interface entre os dois tipos de materiais. A tenacidade à fratura é a capacidade do material resistir aos esforços até a falha do mesmo. O estudo da mecânica da fratura é um dos objetos principais deste projeto, pois a corrosão é considerada um agente causador de fratura, que se propagará caso não sejam realizados os reparos necessários.

No modo 1, foi feita uma pré trinca na extremidade da placa, na interface entre os materiais, onde nesta extremidade, nos pontos acima e abaixo da mesma, foi aplicada força de tração até a falha do material. Os dados referentes à propagação da trinca em função da força aplicada foram então analisados.

No modo 2, também foi feita esta pré trinca, porém o ensaio se difere pois é feito um ensaio de flexão em 3 pontos, sendo 2 apoios nas extremidades e o ponto de aplicação da força no centro da mesma.

Estes ensaios são importantes para se calibrar o modelo numérico a ser desenvolvido no Abaqus, onde serão adicionadas a energia de fratura e as tensões de fratura. Espera-se que os dados sejam aderentes e que o experimento seja validado. Os mesmos foram adaptados de ensaios feitos entre lâminas de materiais compósito. Logo, este campo de estudo (compósito x aço) não possui normas próprias para ensaio.

Os próximos experimentos consistirão em realizar ensaios de flexão em 4 pontos, ou seja, com dois pontos de apoio nas extremidades e dois de aplicação da força, para calcular a dimensão da viga de aço e do compósito, através de um aparato presente no Núcleo de Estruturas Oceânicas (NEO), localizado no Parque Tecnológico, respeitando as normas existentes para este tipo de ensaio. As distâncias entre os pontos de aplicação da força serão arbitradas e a magnitude da força será variada até a viga atingir a falha. A curvatura da viga será medida, para se obter o gráfico do momento fletor em função da curvatura. Primeiramente, os experimentos serão feitos apenas utilizando a viga de aço, para analisar a quantidade de carga necessária para falhar a mesma. Antes disso, será feita uma análise numérica para dimensionar a viga de aço. Para a análise da viga juntamente com o material compósito, é feito um estudo numérico em elementos finitos de forma a estimar a quantidade de compósito necessária para que os resultados sejam satisfatórios. Quando os parâmetros estiverem definidos, cria-se a interface convencional e a interface com a tenacidade à fratura, para averiguar a influência da mesma na falha do material. A princípio será utilizado fibra híbrida de vidro e carbono, uma transversal a outra, de forma que as fibras de carbono sejam dispostas longitudinalmente em relação à viga. A resina utilizada a princípio será a de epóxi. O resultado depende bastante da resina, pois as propriedades da mesma são importantes para o estudo de elemento coesivo, que é o elemento de ligação entre a interface dos materiais, presente na modelagem numérica. Este estudo também é importante para o entendimento deste elemento coesivo, se o mesmo influencia nos resultados do software. Caso seja atestado que não influencia, este será negligenciado.

Fundamentado no modelo de interface validado, será criado um modelo em elementos finitos de tubo com perfuração e reparado com material compósito de fibra carbono com resina epóxi. Com este modelo será feito um estudo paramétrico de flexo-compressão do tubo reparado, variando diâmetro e espessura do tubo e dimensões do furo.

7 – CRONOGRAMA DE TRABALHO (no máximo 1 página)

- Estudo da mecânica dos materiais compósitos
- Programa para cálculo das tensões e deformações no laminado compósito
- Estudo de malha para análise de carregamentos em materiais compósitos
- Experimento de dados de ensaios de tenacidade à fratura Modo 1 e Modo 2
- Modelo no Abaqus de placa laminada a partir dos dados do experimento
- Modelo numérico de viga de aço
- Experimentos de flexão em 4 pontos de viga de aço
- Modelo numérico de viga de aço com compósito
- Experimentos de flexão em 4 pontos de viga de aço com compósitos
- Depuração de resultados
- Modelo numérico de tubo de aço com perfuração e aplicação de compósito

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

EEN615 – Técnicas de Modelagem Est. Nav. E Plat. Offshore
EEN588 – Fundamento e Técnicas de Medição
EEN661 – Hidrodinâmica de Sistemas Oceânicos
EEN597 – Tópicos Especiais em Engenharia Naval
EEN633 – Projeto de Sistemas Offshore II
EEN649 – Economia Energia Renovável

9 – REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BARBERO, Ever J. Finite Element Analysis of Composite Materials Using Abaqus. CRC Press, 2013.
SOTEROPOULOS, D. Using Abaqus to Model Delamination in Fiber-Reinforced Composite Materials. University of Massachusetts, 2010.
PERRUT, Valber A. Análise de Reparo de Tubos com Defeito Transpassante Por Meio de Materiais Compósitos. COPPE, 2009.
SONG, K. Guidelines and Parameter Selection for the Simulation of Progressive Delamination. Hampton, 2008.

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

Será necessário fomento financeiro por parte da ANP para adquirir materiais para os ensaios futuros, à se definir posteriormente a quantidade exata.

PRH-ANP/MCT nº

Local Rio de Janeiro	Data 04 / 11 / 2020
-------------------------	------------------------

