



SERVIÇO PÚBLICO FEDERAL
UNIVERSIDADE FEDERAL DE SERGIPE
PRÓ-REITORIA DE PÓS-GRADUAÇÃO E PESQUISA

PROGRAMA INSTITUCIONAL DE BOLSAS DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA –
PIBIC

FRICÇÃO FADIGA EM ARAMES DE ARMADURA DE TRAÇÃO DE
UMBILICAIS SUBMARINOS ENSAIOS MECÂNICOS

Área do conhecimento: Propriedades mecânicas dos metais e ligas
Subárea de conhecimento: Propriedades mecânicas e microestruturas
Especialidade do conhecimento: Ensaios Mecânicos

Relatório final: de 01/08/20 a 31/08/21

Este projeto é desenvolvido com bolsa de iniciação científica

PIBIC/CNPq

Orientador: Sandro Griza
Autor: Lucas Silva Fontes



SERVIÇO PÚBLICO FEDERAL
UNIVERSIDADE FEDERAL DE SERGIPE
PRÓ-REITORIA DE PÓS-GRADUAÇÃO E PESQUISA

SUMÁRIO

- 1- INTRODUÇÃO**
- 2- OBJETIVOS**
- 3- METODOLOGIA**
- 4- RESULTADOS E DISCUSSÕES**
- 5- CONCLUSÕES**
- 6- PERSPECTIVAS DE FUTUROS TRABALHOS**
- 7- REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS**
- 8- OUTRAS ATIVIDADES**

1- Introdução

Os umbilicais submarinos são cabos compósitos formados por um conjunto de elementos estruturais e funcionais, uma de suas funções é interligar componentes do sistema submarino de produção, permitindo o controle remoto de equipamentos submarinos, podendo serem aplicados em terra ou mar [1]. Dentre as principais funções dos umbilicais estão: conduzir potência hidráulica para a atuação de válvulas dos sistemas submarinos, transportar produtos químicos, conduzir cabos elétricos para alimentação de sistemas de bombeio e cabos elétricos para comunicação de sistemas elétricos [2].

Os arames de aço da armadura de tração pertencem aos elementos estruturais presentes nos umbilicais, eles estão dispostos em camadas helicoidais nas coroas mais externas do umbilical.

Fadiga é o modo de falha ligada a esforços cíclicos e corresponde a 90% do total de todos os modos de falhas mecânicas [3]. É de extrema importância evitar a falha por fadiga nos cabos umbilicais, já que os danos são graves ao meio ambiente, como também financeiramente, e perda de vidas humanas.

A curva S-N é um método utilizado para avaliar o comportamento de um material em fadiga, avaliando a tensão máxima com o número de ciclos até a falha. São fornecidas curvas S-N de referência na norma DNV-RP-C203 [4], esta apresenta recomendações que envolvem fadiga baseada em ensaios e conhecimentos de mecânica da fratura.

O contato de duas superfícies sob pressão é denominado fricção. A ação combinada de fadiga e fricção por incluir reações químicas [5]. Parafusos, pinos, grampos, interfaces entre rolamentos e eixos são exemplos de componentes que podem sofrer fricção fadiga, desde que estejam em contato sob pressão e em movimento relativo.

Acontece a redução da vida do componente quando, sob condições de fricção, a resistência à fadiga do material reduz e a trinca inicia em baixos níveis de tensão [6,7]. Para ocasiões como esta, existem normas específicas, para realização de ensaios de fricção fadiga, como por exemplo a ASTM E2798 [8].

2- Objetivos

- Verificar as propriedades em fadiga por fricção dos arames e compará-las com as da fadiga convencional;
- Verificar o efeito da pressão de contato na resistência à fadiga dos arames;
- Determinar os parâmetros que proporcionam melhores desempenhos em fadiga por fricção.

3- Metodologia

Os arames de armadura estudados são em fio-máquina, fabricados por trefilação em aço médico carbono, com um diâmetro de 5,5 mm e camada galvânica depositada na superfície.

Para determinar a tensão de escoamento dos arames de armadura é realizado ensaio de tração. Este valor irá servir como base para o ensaio de fadiga. Foram utilizados procedimentos que constam na norma ASTM E8M [9], onde 5 corpos de prova com comprimento de 400 mm foram ensaiados em máquina servo-hidráulica MTS, modelo 370.10, com uma velocidade de 4,5 mm/min e base de medida de 280 mm.

Para os ensaios de fadiga serão usados corpos de prova de 200 mm de comprimento e 80 mm de base de medida, conforme a metodologia desenvolvida por Tagliari et. al. [10]. Para eliminar a necessidade da colagem de tubo de cobre e de se usinar roscas na extremidade de fixação do arame, as regiões de extremidade dos arames foram lixadas, onde ocorre o aperto pelas garras. As lixas utilizadas foram de 80 a 600 Mesh para melhoria de acabamento superficial, a fim de evitar a ruptura do corpo de prova na região das garras.

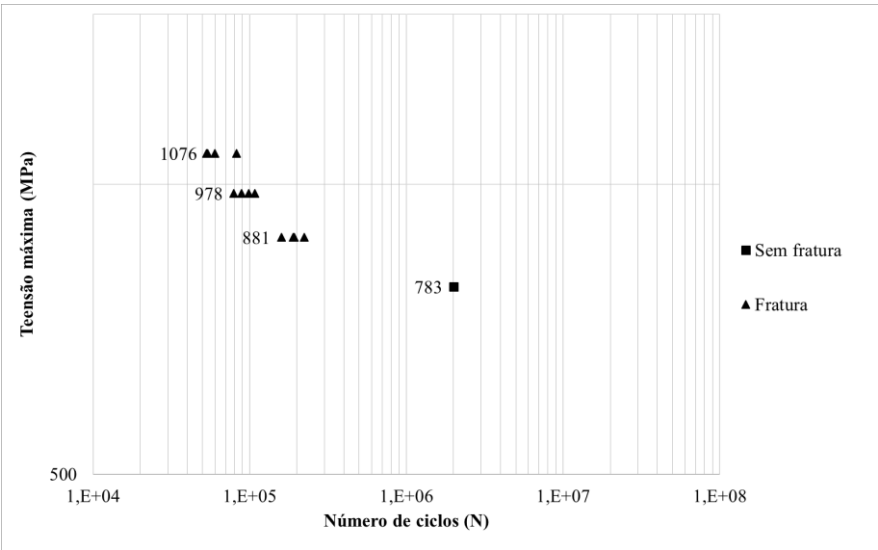
Os ensaios de fadiga foram feitos em máquina MTS Landmark, de modelo 3010, com célula de carga de 100 kN, empregando uma frequência de 20 Hz e razão de carregamento $R=0,1$.

Os ensaios de fricção fadiga foram conduzidos na mesma máquina utilizada no ensaio de fadiga convencional. Foi inserido um dispositivo auxiliar, com o objetivo de proporcionar a fricção externa, através da força de aperto.

Foram inseridos strain gauges, para determinar a força de atrito. Foi empregada frequência de 20 Hz e R=0,5.

4- Resultados e discussões

Foram feitas curvas S-N com os resultados dos ensaios realizados com os corpos de prova.

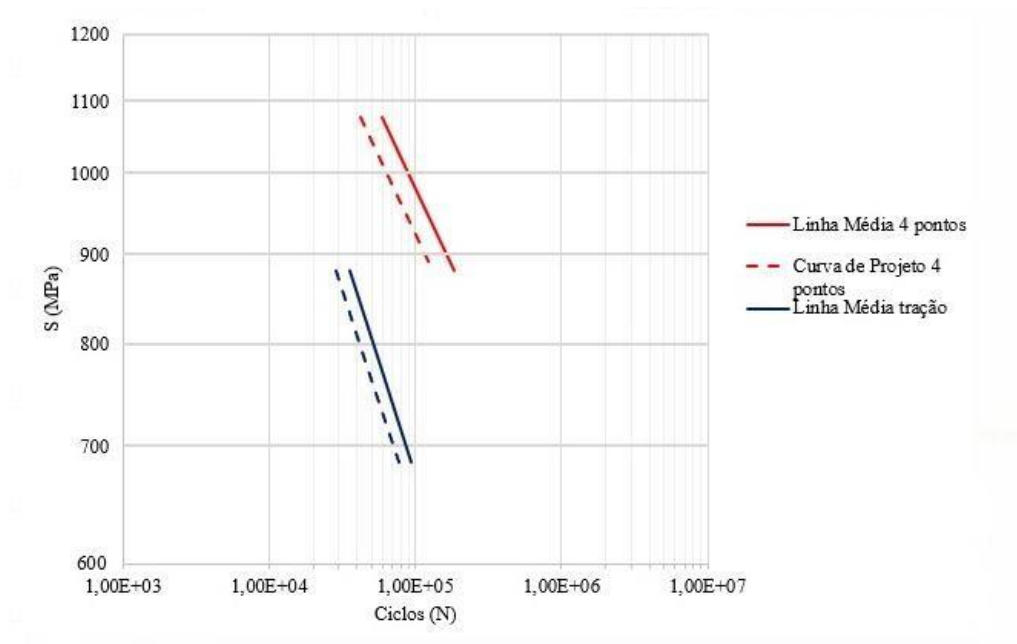


No gráfico acima percebe-se que um corpo de prova não fraturou, se trata de um corpo de prova com 80% de tensão de escoamento (783 Mpa), na tabela mostra mais detalhadamente.

Tensão	Convencional (ciclos)	Fricção (ciclos)
110 %	82139	60039
110 %	54115	59611
110 %	53026	65719
110 %	60023	-
80 %	Vida infinita	442576

Percebe-se que a redução percentual entre o número de ciclos entre a fadiga convencional e a de fricção foi de apenas 2%, que pode ser considerado desprezível.

O corpo de prova com tensão de escoamento de 80% apresentou vida infinita para fadiga convencional e rompeu com 442576 ciclos no ensaio de fricção fadiga.



A curva S-N acima compara a fadiga por flexão e a fadiga por tração convencional, onde nota-se que os arames de armadura apresentam maior resistência quando submetido à fadiga por flexão.

5- Conclusões

A interpretação das curvas S-N é de extrema importância para se compreender o comportamento dos arames de armaduras, podendo prever futuras falhas e evitar possíveis acidentes graves.

O resultado foi satisfatório com a literatura, já que evidenciamos que o efeito danoso de fricção é mais evidente para tensões menores, notado no corpo de prova com 80% de tensão de escoamento.

Os benefícios esperados no processo ensino-aprendizagem vinculado ao projeto foram alcançados, proporcionando ao aluno elevar seus conhecimentos extracurriculares e a convivência no meio acadêmico.

6- Perspectivas de futuros trabalhos

Os resultados obtidos poderão se tornar artigos técnicos e científicos, assim como na confecção de novas normas para materiais e procedimentos no setor de energia e procedimentos de ensaios de padronização.

O registro de patente também é algo almejado, relacionado à pesquisa no tema do projeto.

No impacto científico poderão ser desenvolvidas novas linhas de pesquisas aplicadas a este tema, formação de núcleos interdisciplinares de pesquisas, aumento da capacidade de formação e capacitação tecnológica da universidade.

7- Referências bibliográficas

- [1] REBOH, Y., 2014, “Efeito do dano causado por fadiga de baixo ciclo sobre o desempenho a fadiga de alto ciclo em tubos de aço superduplex UNS 32750 aplicado em umbilicais submarinos”. Dissertação M.Sc. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 84p.
- [2] BAI, Y.; BAI, Q., 2010. “Subsea Structural Engineering”. Burlington, Estados Unidos: GPP.
- [3] DIETER, G., 1986. “Mechanical Metallurgy”. 3. ed. Boston, Estados Unidos: McGraw-Hill.
- [4] DNV, Det Norske Veritas, Offshore Standard DNV-RP-C203., 2016, “Fatigue Design of Offshore Steel Structures”.
- [5] STEPHENS, R. I. et al., 2001, “Metal fatigue in engineering”. 2. ed. Nova York: John Wiley & Sons.
- [6] NISHIOKA, K.; HIRAKAWA, K., 1969, "Fundamental Investigations of Fretting Fatigue:(Part 2, Fretting Fatigue Testing Machine and Some Test Results)". Bulletin of JSME, v. 12, n. 50, pp. 180–187.
- [7] LINDLEY, T.; NIX, K., 1992, "Fretting Fatigue in the Power Generation Industry: Experiments, Analysis, and Integrity Assessment". Standardization of Fretting Fatigue Test Methods and Equipment. pp. 153–169.
- [8] AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS. ASTM

- E2789. ,2015, “Standard Guide for Fretting Fatigue Testing”. Filadélfia.
- [9] AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS, 2001, ASTM E3-01, Standard Practice for Preparation of Metallographic Specimens. West Conshohocken, PA.
- [10]TAGLIARI M. et al., 2017, “Proposed methodology for fatigue testing on umbilical round armor wires”. In: 36th International Conference on Ocean, Offshore and Arctic Engineering. Proceedings of the ASME 2017, June 25-30; Trondheim, Norway.

8- Outras atividades

Não houve necessidade de atividades extras além do que previsto em projeto.