

Ferramentas de Análise em Fadiga Randômica de Sistemas Mecânicos

Grupo de Mecânica Aplicada
Departamento de Engenharia Mecânica
Escola de Engenharia
Universidade Federal do Rio Grande do Sul

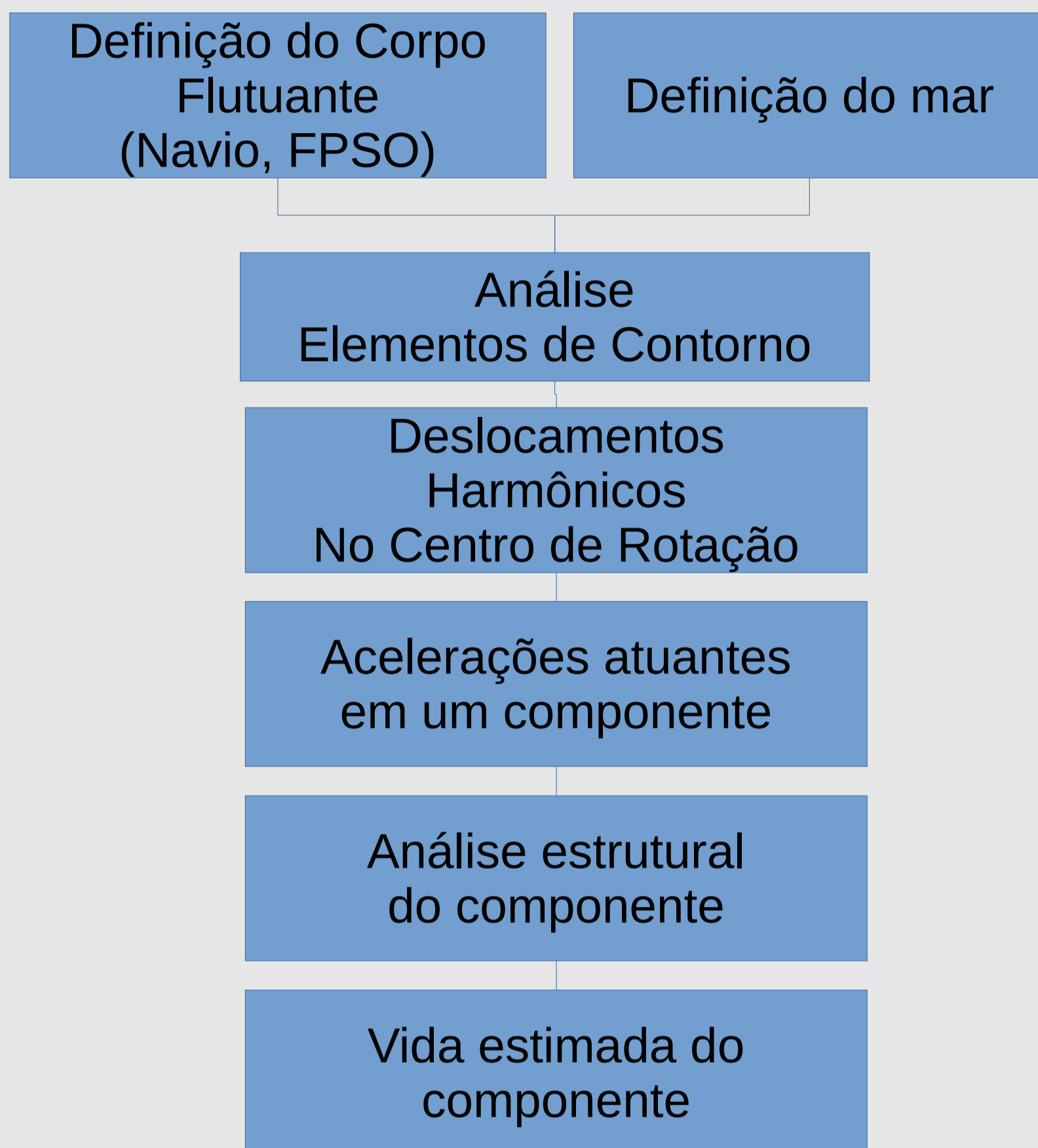


Ricardo F. Leuck Filho
leuck.r@gmail.com
Orientador: Walter J. P. Casas
walter.paucar.casas@ufrgs.br

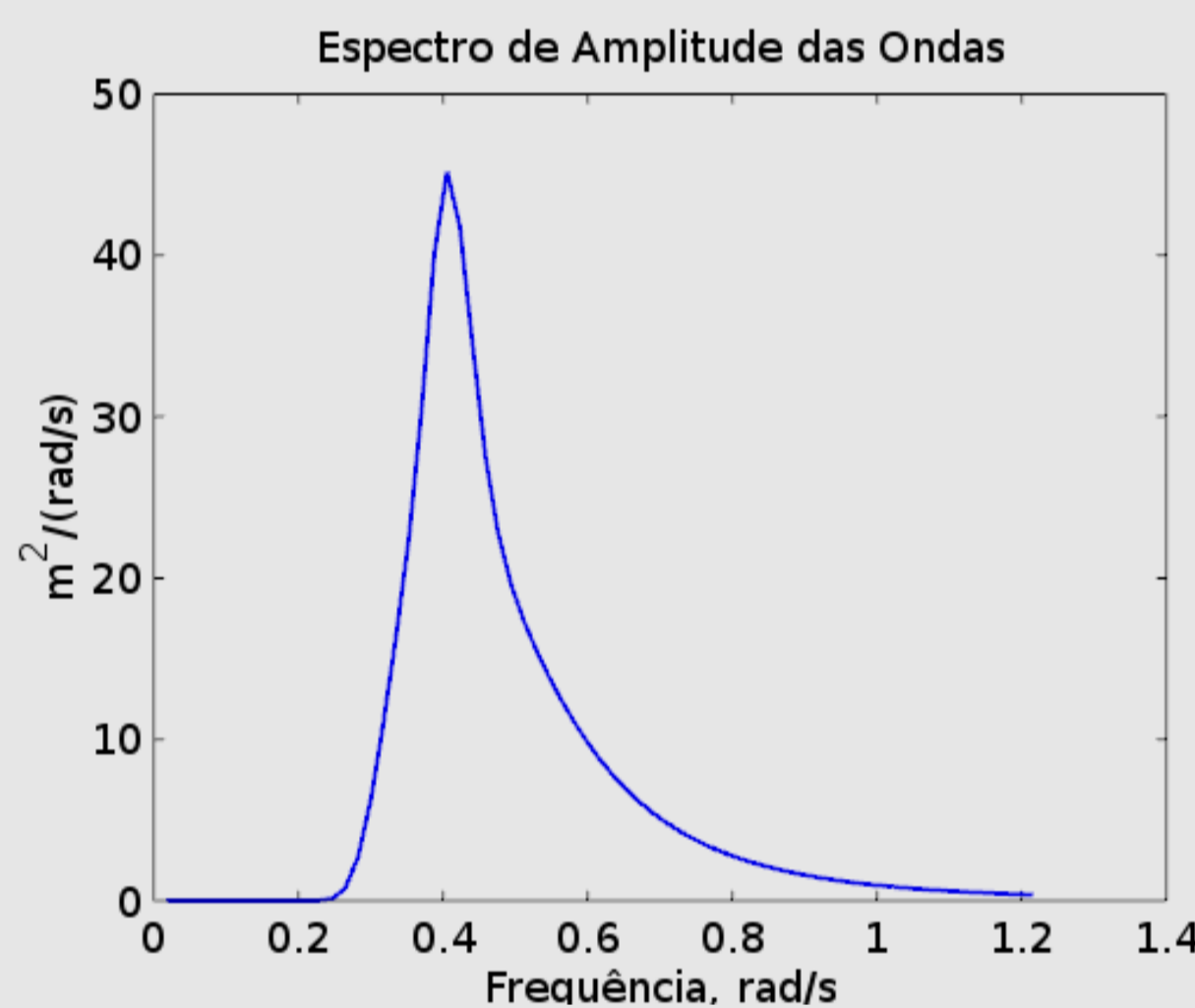
OBJETIVOS

Aplicar métodos computacionais para análise de fadiga estocástica de estruturas mecânicas, a exemplo das estruturas offshore sob cargas de movimento cíclico por causa da incidência de ondas randômicas.

MÉTODO

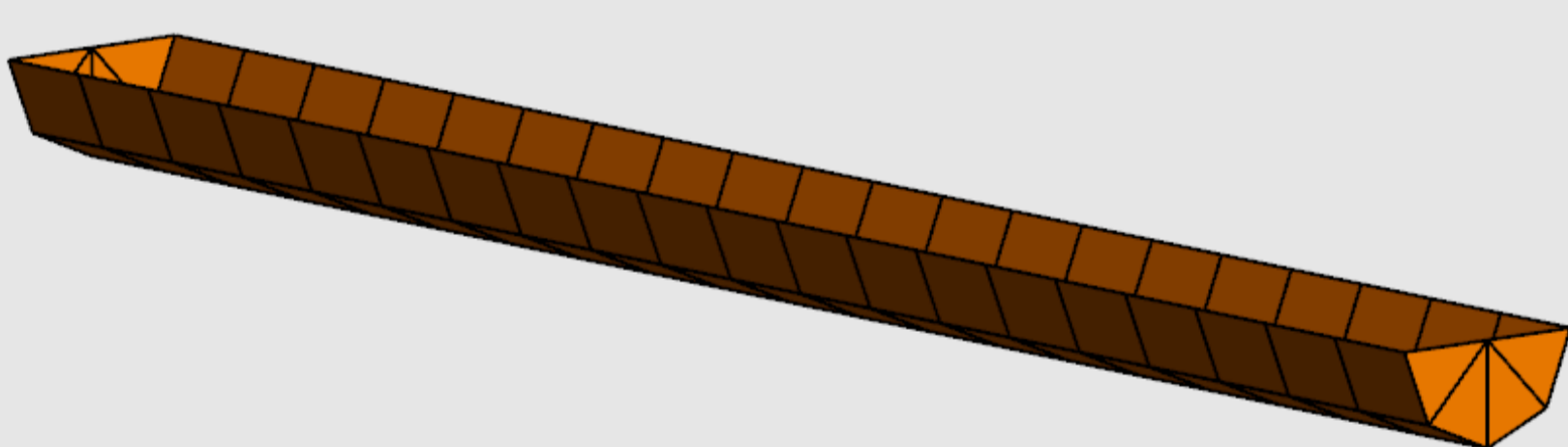


Definição do mar



O espectro Joint North Sea Wave Project foi utilizado, conforme Jonkman (2007).

Discretização da Geometria



Foi gerada uma discretização em elementos de superfície para um navio teórico de 300m de comprimento, 30m de largura e 15m de profundidade. A malha tem 65 nós e 44 elementos.

Equação do Movimento

$$\omega^2(\mathbf{M}+\mathbf{A})\zeta+i\omega\mathbf{B}\zeta+\mathbf{C}\zeta=\mathbf{F}$$

- Matriz de Massa \mathbf{M}

$$\mathbf{M} = \begin{bmatrix} M & 0 & 0 & 0 & MZ_g & 0 \\ 0 & M & 0 & -MZ_g & 0 & 0 \\ 0 & 0 & M & 0 & 0 & 0 \\ 0 & -MZ_g & 0 & I_4 & 0 & -J_{46} \\ MZ_g & 0 & 0 & 0 & I_5 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & -I_{46} & 0 & I_6 \end{bmatrix}$$

Faltinsen, 1990

- Matriz de Restauração Hidrostática \mathbf{C}

$$\mathbf{C}_{ij}^{Hydrostatic} = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & \rho g A_0 & 0 & -\rho g \iint_{A_0} x dA & 0 \\ 0 & 0 & 0 & \rho g \iint_{A_0} y^2 dA + \rho g V_0 z_{COB} & 0 & 0 \\ 0 & 0 & -\rho g \iint_{A_0} x dA & 0 & \rho g \iint_{A_0} x^2 dA + \rho g V_0 z_{COB} & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix}$$

Jonkman, 2007

Método dos Elementos de Contorno

- Matriz Massa Adicional Hidrodinâmica \mathbf{A}
- Matriz de Amortecimento Hidrodinâmico \mathbf{B}
- Vetor de Forças \mathbf{F}

Solução do Sistema Linear

- Vetor de Deslocamentos Harmônicos ζ

Acelerações em um componente

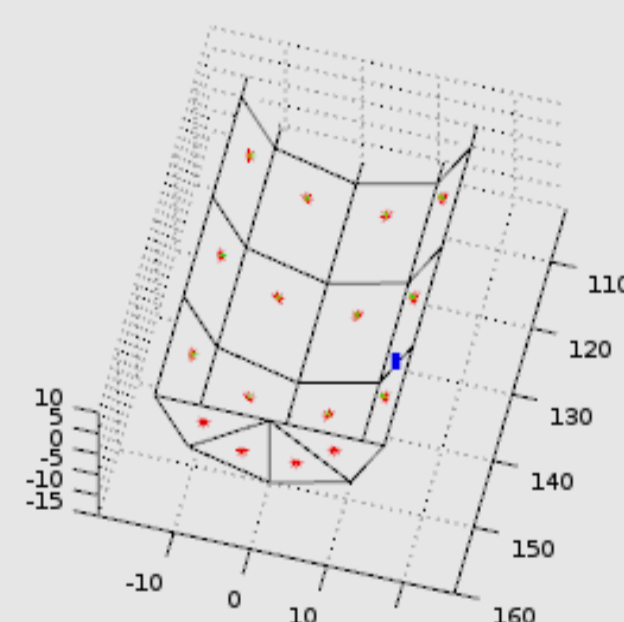
Para determinar as acelerações atuantes em um componente instalado em um ponto \mathbf{r} com relação ao centro de movimentos da embarcação é utilizada a seguinte equação:

$$\mathbf{a}_r = \mathbf{a}_C + \boldsymbol{\alpha}_C \times \mathbf{r} + \boldsymbol{\Omega}_C \times (\boldsymbol{\Omega}_C \times \mathbf{r})$$

Onde $\boldsymbol{\alpha}$ e $\boldsymbol{\Omega}$ são acelerações e velocidades angulares, respectivamente. Os índices \mathbf{r} e \mathbf{C} indicam grandezas relativas ao ponto \mathbf{r} e ao centro de movimentos do navio.

Definição do Componente

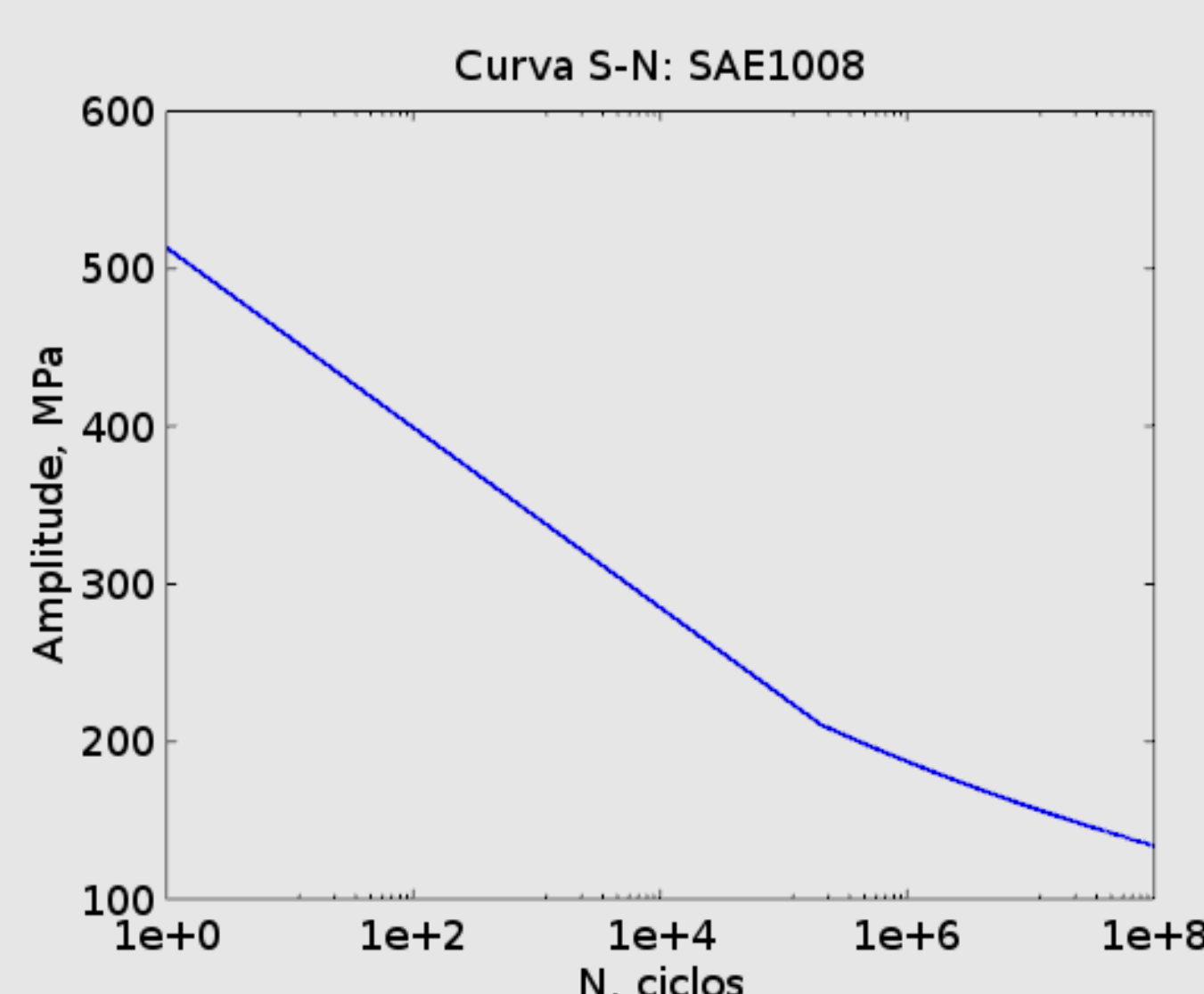
Neste trabalho foi considerado um tubo de parede fina de aço SAE 1008 engastado na base, orientado verticalmente e suportando uma carga concentrada de 500kg em sua extremidade livre. O componente tem 4m de altura e está posicionado sobre o navio.



Definição do material

A curva de fadiga do material (aço SAE1008) é descrita pela equação a seguir (Stephens):

$$S = 513.36 \cdot N^{-0.073}$$



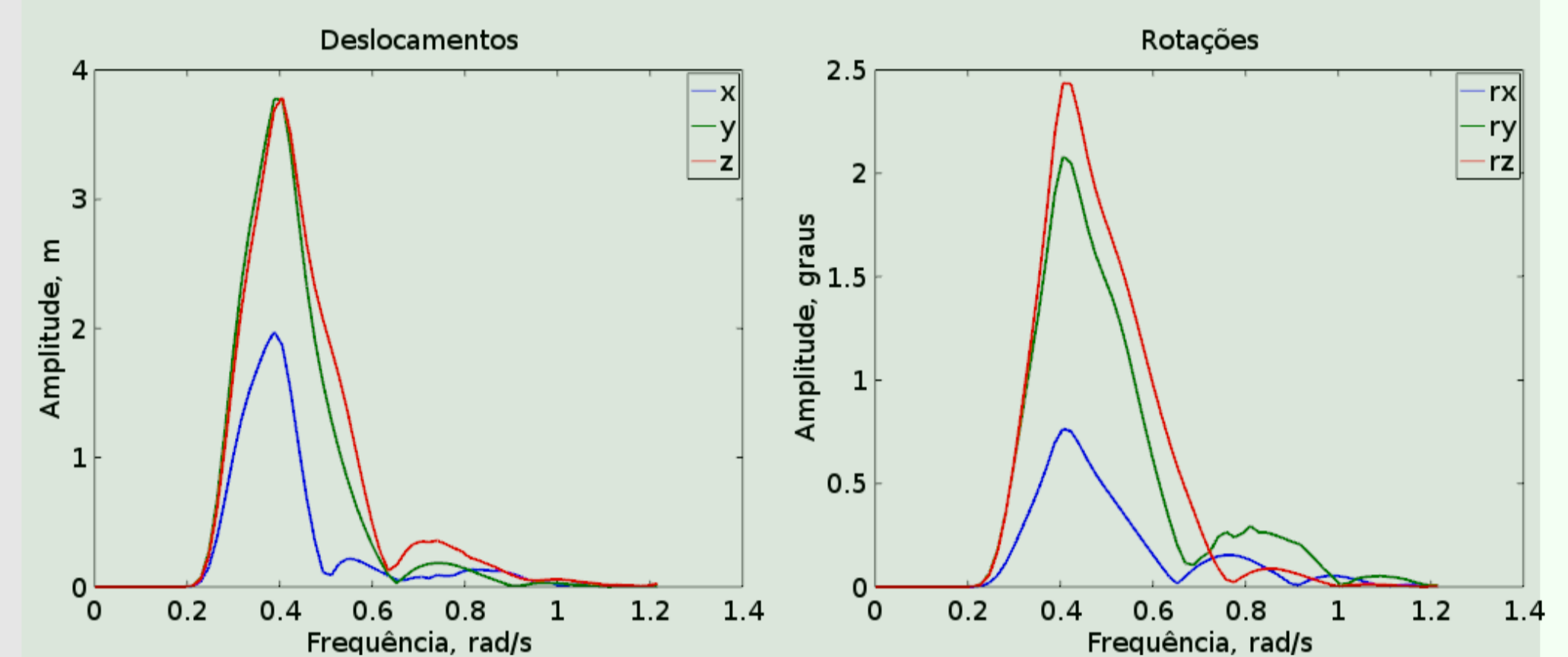
Cálculo da fadiga no domínio da frequência

A distribuição de probabilidade de ciclos de de tensão com amplitude σ , $p(\sigma)$ é calculada a partir do espectro de tensões, que também é utilizado para estimar a taxa de ciclos, μ (Dirlik). O tempo de vida estimado é calculado conforme a equação:

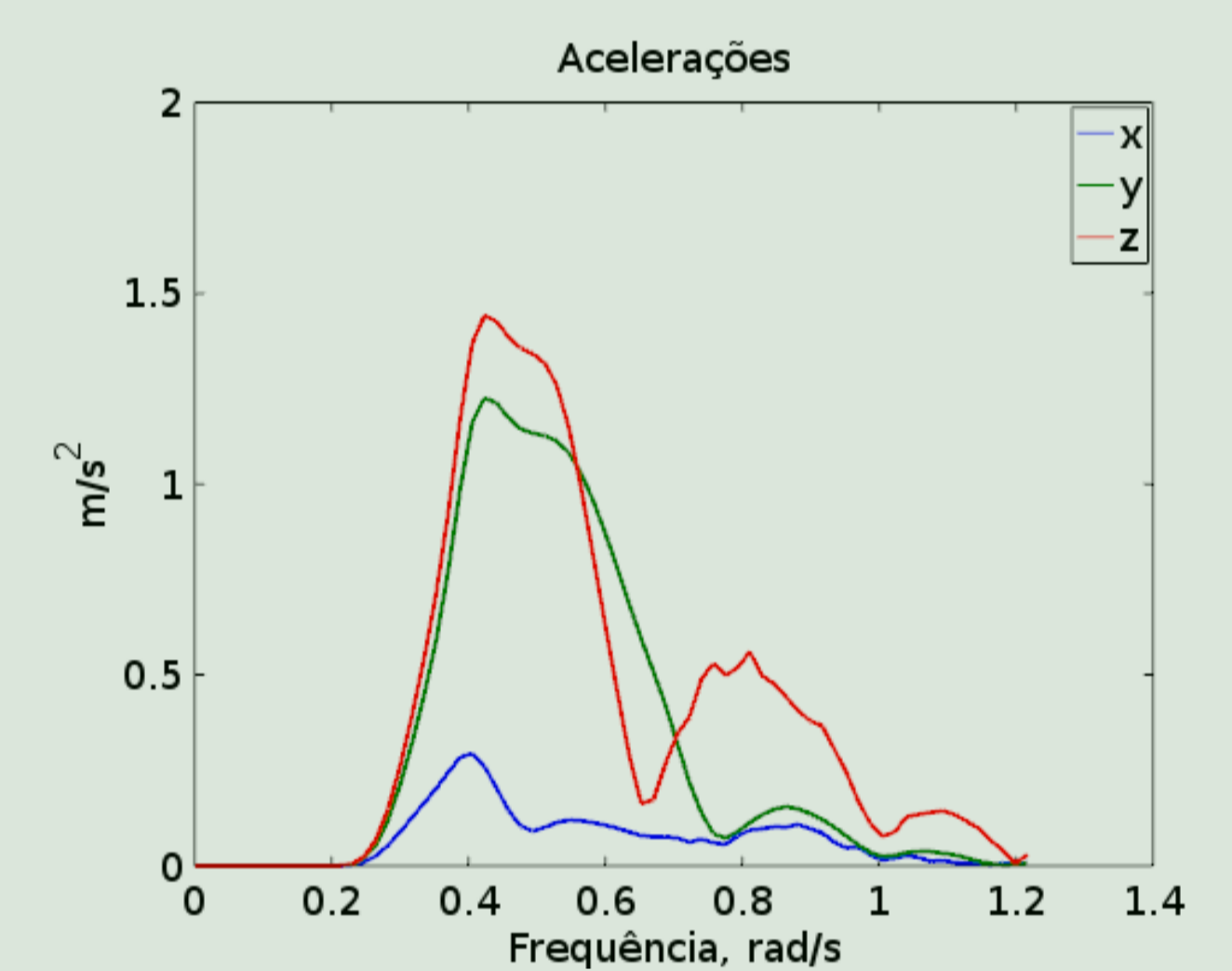
$$T = \left(\mu \int_0^{\infty} \frac{p(\sigma)}{N(\sigma)} d\sigma \right)^{-1}$$

RESULTADOS

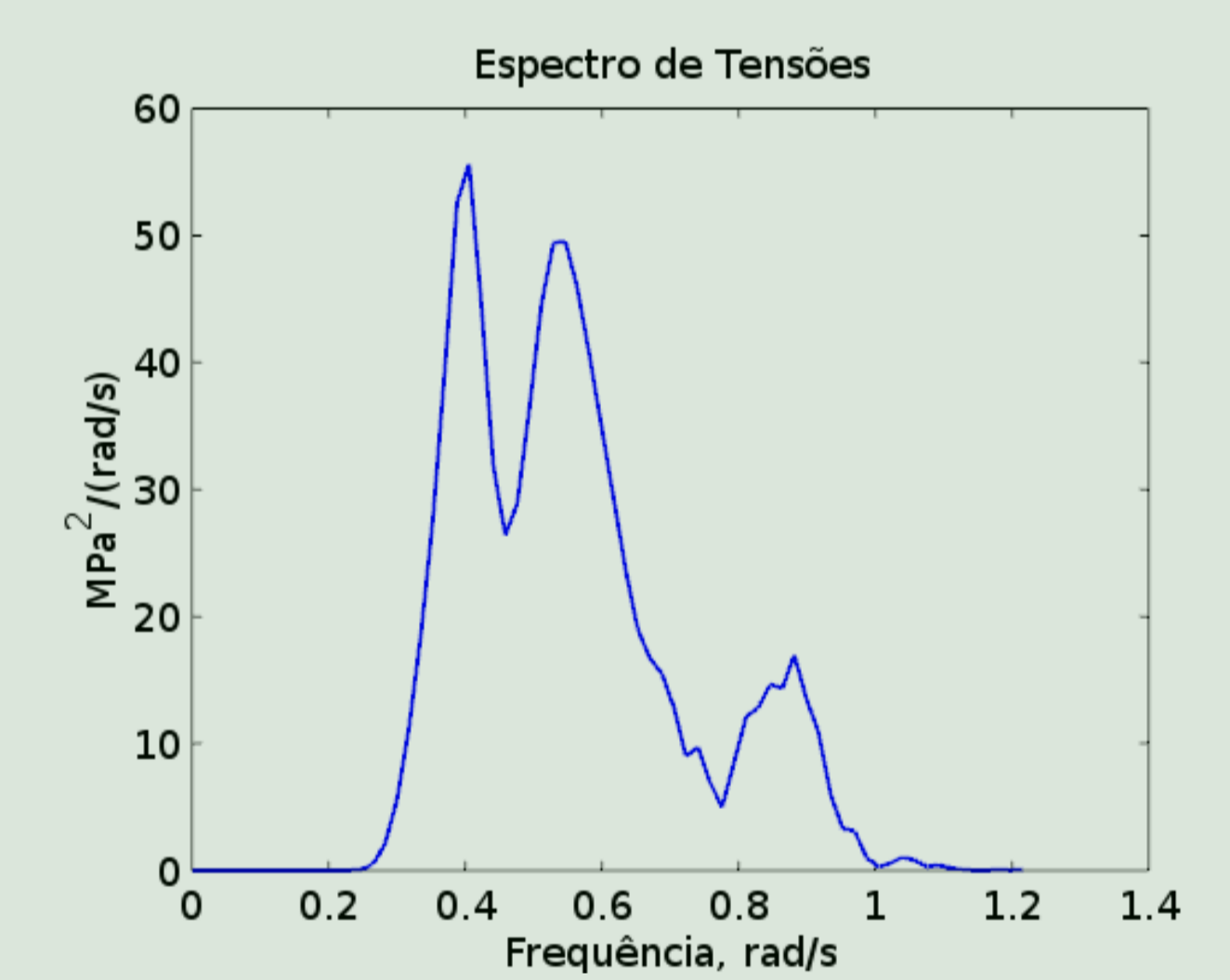
Deslocamentos do navio



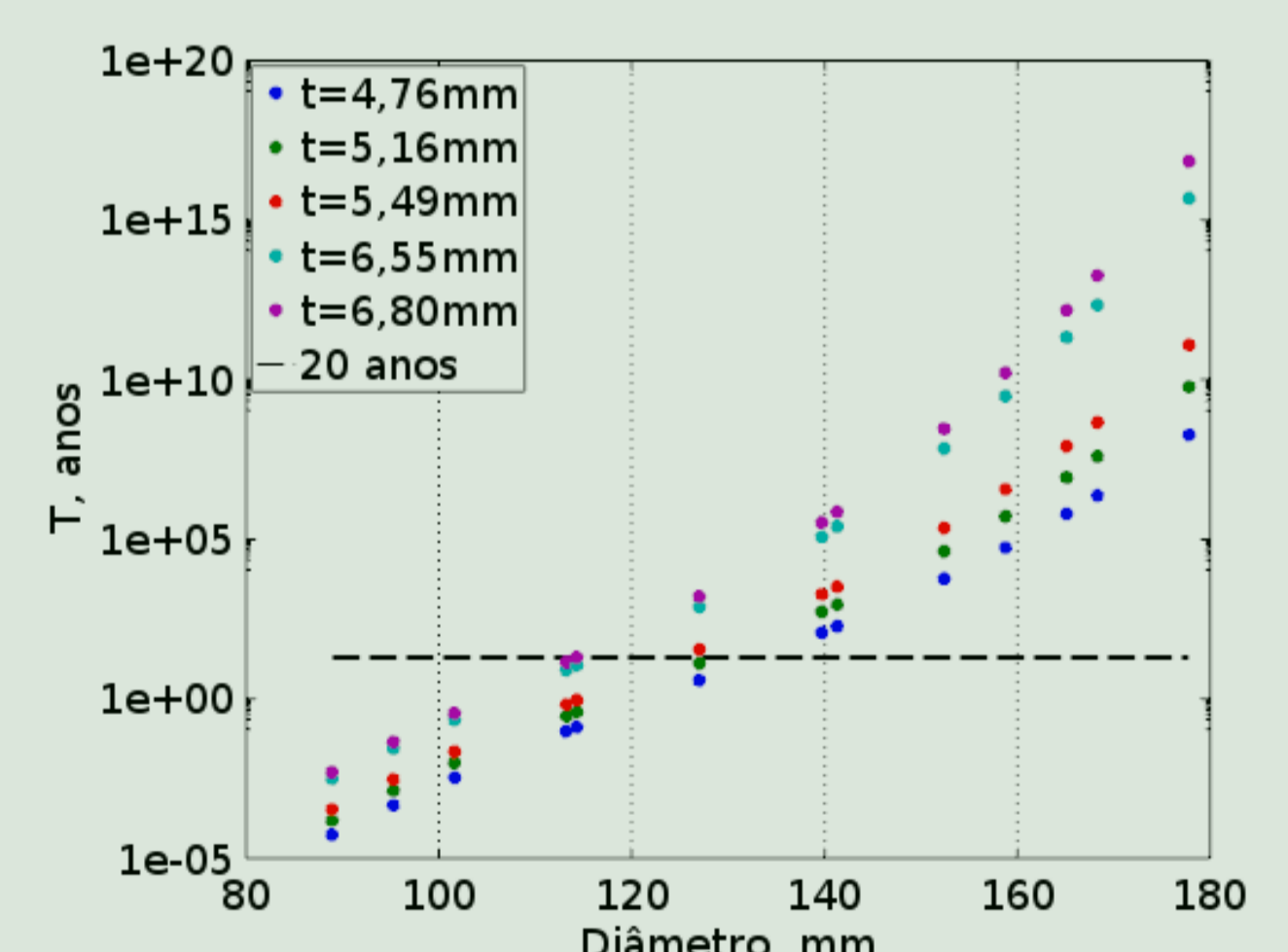
Acelerações Na Base do Componente



Tensões No Ponto Crítico



Estimativa de Vida do Componente



Referências

Jonkman, J. M. **Dynamics Modeling and Loads Analysis of an Offshore Floating Wind Turbine**. National Renewable Energy Laboratory. 2007.

Stephens, R. I. et al. **Metal Fatigue in Engineering**. John Wiley & Sons. 2000.

Dirlik, T. **Applications of Computers in Fatigue Analysis**. Ph.D Thesis. Department of Engineering, University of Warwick, England. 1985.

Agradecimento: FAPERGS