



Universidade Santa Cecília
Faculdade de Engenharia
Engenharia Industrial Mecânica

Projeto de Máquina para Ensaio de Fadiga

- Allan Carlo Martins Cavalheiro
- Patrícia da Silva Almeida
- Vandrê Pedro Cordeiro Azevedo



■ Objetivo

Executar o projeto de uma máquina para ensaios de fadiga.

■ Motivação

- A fadiga é a causa de aproximadamente 90% das falhas em componentes mecânicos.
- Não existe este tipo de equipamento nos laboratórios da Universidade



■ Fadiga

Processo de falha relacionado à aplicação de tensão cíclica

Fatiga por fadiga

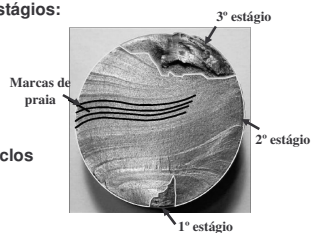
A fratura ocorre em três estágios:

- 1º - Dano inicial
- 2º - Propagação
- 3º - Fratura Final

Vida em fadiga (N_f)

Resultado da soma dos ciclos de cada estágio, então:

$$N_f = N_i + N_p + N_t$$



Fatores que influenciam na fadiga do material

- Material
- Composição química
- Tipo e amplitude de carregamento
- Acabamento superficial
- Entalhes mecânicos
- Dimensões
- ...



■ Ensaio de fadiga

- Ensaio mecânicos destrutivos
- Objetivam a determinação da tensão limite de fadiga
- Feitos diretamente no componente mecânico ou em corpos de prova.



Dowling, 1993



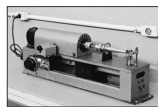
Corpos de provas



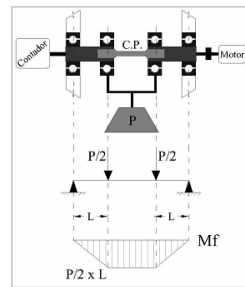
■ Ensaio de fadiga mais comuns



Tração-compressão axial

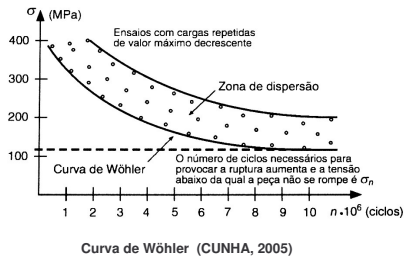


Flexão rotativa - CP engastado

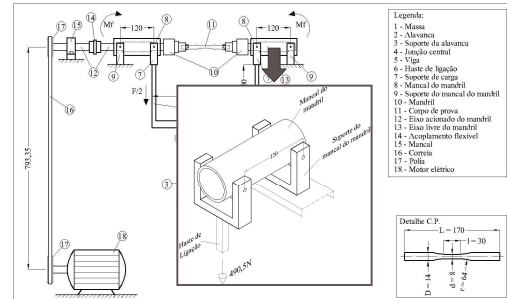


Flexão rotativa - CP bi-apoiado

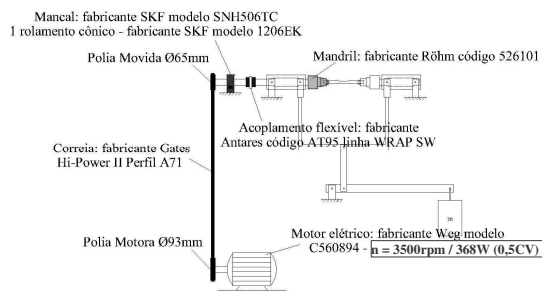
Resultados obtidos nos ensaios - Curva S-N



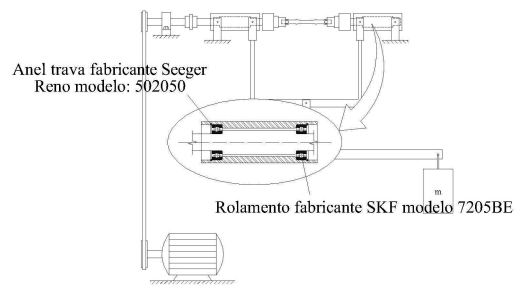
A máquina de ensaios



Componentes da máquina



Componentes da máquina



Estrutura de carregamento – dimensionamento

Norma DIN EN 7500-1 (carregamento simétrico)

Dois fatores foram considerados:

1º - Garantir a rigidez do equipamento

Limitação da deformação em 1 milésimo do comprimento

2º - Resistência dos componentes à fadiga

Aplicação do conceito de Dowling

Estrutura de carregamento – dimensionamento

1º - Garantia da rigidez do equipamento

Fatores envolvidos:

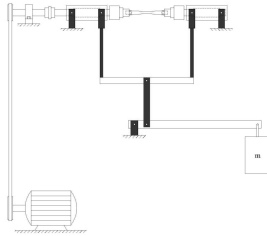
- Esforços aplicados
- Dimensões dos componentes
- Material (módulo de elasticidade)

Divisão dos componentes em 2 grupos:

- Submetidos a carregamento axial (tração ou compressão)
- Submetidos à flexão

■ Estrutura de carregamento - dimensionamento

Componentes submetidos a carregamento axial (tração ou compressão)

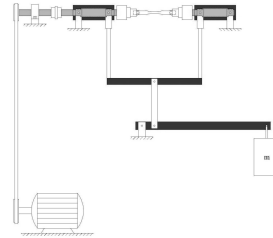


$$\Delta_L = \frac{N \times L}{E \times A}$$

$$\Delta_L = 0,001 \times L$$

■ Estrutura de carregamento - dimensionamento

Componentes submetidos à flexão



$$v_s = 0,001 \times L$$

■ Estrutura de carregamento – dimensionamento

2ª - Resistência dos componentes à fadiga (segundo Dowling)

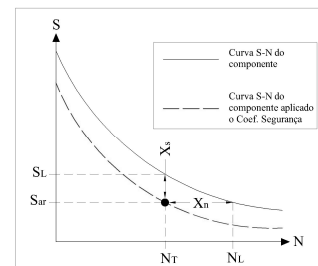
- Curva S-N de cada componente
- Aplicação do coeficiente de segurança

Fatores envolvidos:

- Características geométricas { Dimensões
Presença de entalhes
- Carregamento { Tipo
Intensidade
- Material do componente
- Acabamento superficial
- Coeficiente de segurança

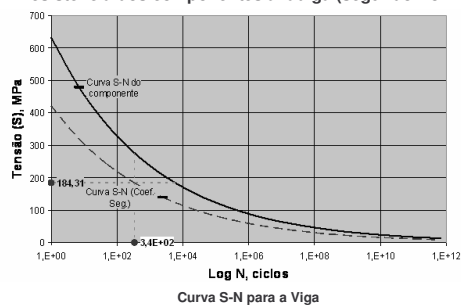
■ Estrutura de carregamento – dimensionamento

2ª - Resistência dos componentes à fadiga (segundo Dowling)



■ Estrutura de carregamento – dimensionamento

2ª - Resistência dos componentes à fadiga (segundo Dowling)



■ Estrutura de carregamento – dimensionamento

2ª - Resistência dos componentes à fadiga (segundo Dowling)

Componente	Vida do componente (nº de ensaios)	Xn
Alavanca	$5,3 \times 10^7$	21,3
Suporte da Alavanca	$7,2 \times 10^6$	45,4
Junção Central	$4,5 \times 10^6$	45,4
Viga	340	17,4
Haste	$7,7 \times 10^6$	45,4
Suporte de Carga	$1,6 \times 10^{10}$	45,4
Mancal do Mandril	$8,2 \times 10^{12}$	21,3
Suporte do Mancal	$8,9 \times 10^{12}$	21,3
Eixo Acionado	600	33,4
Eixo Livre	600	33,4

■ Estrutura de carregamento – dimensionamento

2º - Resistência dos componentes à fadiga (segundo Dowling)

Alterações no projeto após a verificação:

- Alteração do material da viga, hastes e suportes de carga para aço ABNT 1045
- Alteração do material dos eixos para aço ABNT 1045 e aplicação de polimento fino

■ Instrumentação

1º - Registro do número de ciclos

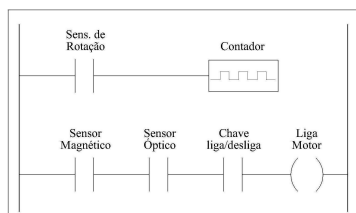
Instalação de sensor e contador

2º - Dispositivos de segurança

Estabelecimento de condições obrigatórias ao funcionamento

- Grade de segurança fechada
- Corpo de prova posicionado
- Chave liga/desliga acionada

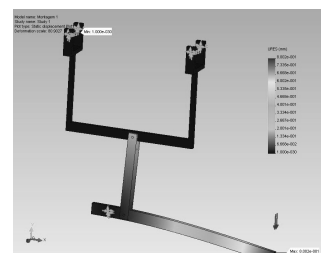
■ Instrumentação



Programa em linguagem Ladder elaborado para o CLP

■ Simulação Numérica

Deslocamento simulado no programa MD Solids da SolidWorks®



Resultado da simulação numérica - deslocamento total da estrutura

■ Considerações finais

- Próximos passos:
 - Construir o protótipo
 - Levantar os dados de desempenho
 - Verificação dos testes executados dentro dos parâmetros;
 - Repetibilidade dos ensaios;

■ Considerações finais

- Executar a revisão do projeto
 - Estudo do aumento na rotação de ensaio;
 - Aumento da vida útil dos componentes através da aplicação de tratamento térmico de endurecimento superficial;
 - Instalação de um inversor de frequência
 - Exemplo o CFW-11 do fabricante WEG.
- Construção final do equipamento

