cbecimat26
26° Congresso Brasileiro de Engenharia e Ciência dos Materiais
22 a 26 de novembro de 2026
Costão do Santinho
Florianópolis-SC

REDUÇÃO DE SUPERDIMENSIONAMENTO EM EQUIPAMENTOS LOGÍSTICOS: ANÁLISE ESTÁTICA, MODAL E VALIDAÇÃO POR MANUFATURA ADITIVA DE UM BRAÇO ORBITAL

Nathan de Lima Silva[1]; Victor Raul Huaman Condori[1]; Erick Siqueira Guidi[1]; Fernando de Azevedo Silva[1]; Geraldo Cesar Rosário de Oliveira[1,2]; Francisco José Grandinetti[1]; Marcelo Sampaio Martins[1]; Marcelo dos Santos Pereira[1]; Antonio dos Reis de Faria Neto[1]

[1] Faculdade de Engenharia e Ciências de Guaratinguetá – UNESP; [2] Universidade Virtual do Estado de São Paulo (UNIVESP)

Introdução

Envolvedoras de filme stretch com braço orbital estabilizam cargas paletizadas para transporte e armazenagem. Projetos em operação tendem a ser superdimensionados, o que eleva consumo de aço, custo de fabricação e inércia do conjunto. A análise por elementos finitos (MEF) permite quantificar essa margem e reduzir seções com segurança.

Objetivo

Reduzir a massa da estrutura por troca de perfis tubulares comerciais, mantendo os coeficientes de segurança estático e à fadiga e as frequências naturais afastadas da frequência de operação.

Metodologia

Modelagem no SolidWorks com os dados da máquina original e análise no ANSYS Workbench (estática linear, modal e fadiga), com uniões soldadas e parafusadas como contato colado. Foram comparadas três configurações (Tabela 1).

Material	ASTM A36 (σe = 270 MPa)
Carregamento	Peso próprio + 686,7 N
Rotação do braço	30 rpm (0,5 Hz)
Vinculação	Engaste nos chumbadores
Critérios	von Mises; Goodman mod.
Original	160×160×6,35 / 140×80×4,5
Caso 1	120×120×4,75 / 120×80×3,75
Caso 2	Caso 1 + nervuras, 4 chumbadores

Tabela 1: Parâmetros e perfis (principal / braço, mm).

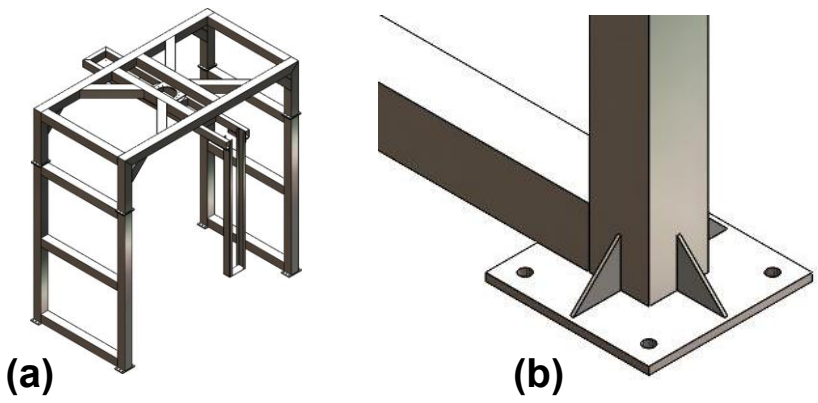


Figura 1: (a) Estrutura original. (b) Base da Máquina

Resultados e Discussão

Config.	Massa (kg)	σmáx (MPa)	δmáx (mm)	CS est.	CS fad.	f_1 (Hz)
Original	1681	69,3	1,42	3,6	2,1	6,46
Caso 1	1085	62,5	1,08	4,0	2,3	6,08
Caso 2	1117	59,6	1,08	4,2	2,4	6,07

Tabela 2: Resultados das três configurações.

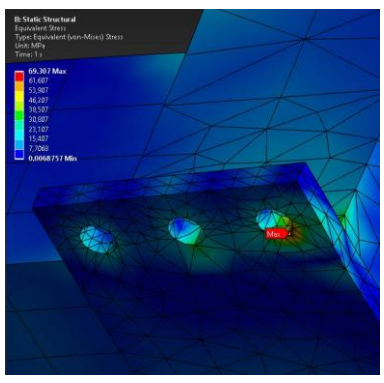


Figura 2: von Mises, original.

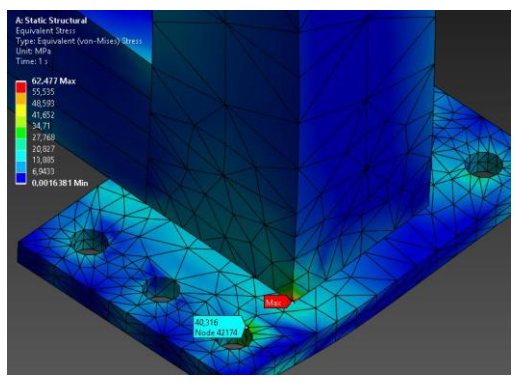


Figura 3: von Mises, Caso 1.

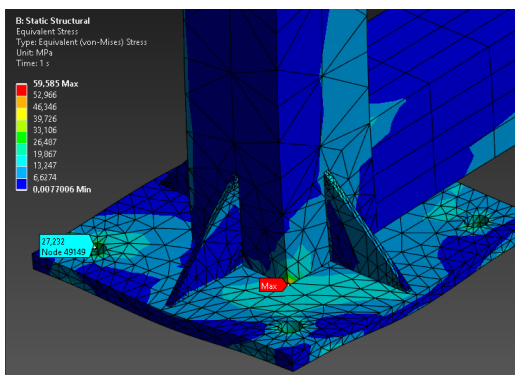


Figura 4: von Mises, Caso 2.

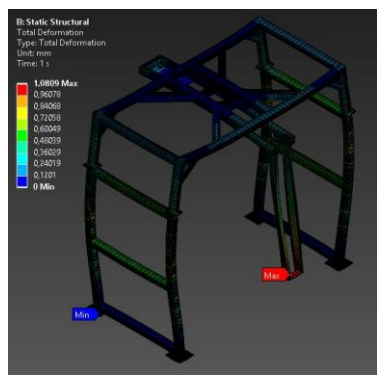


Figura 5: Deslocamento, Caso 2.

A massa caiu 35,5% no Caso 1. O pico de tensão fica na placa de base em todos os casos (furo do chumbador no original, transição tubo/placa nos Casos 1 e 2) e é governado pela ancoragem, não pela seção dos perfis. As nervuras (+32 kg) reduzem o pico para 59,6 MPa.

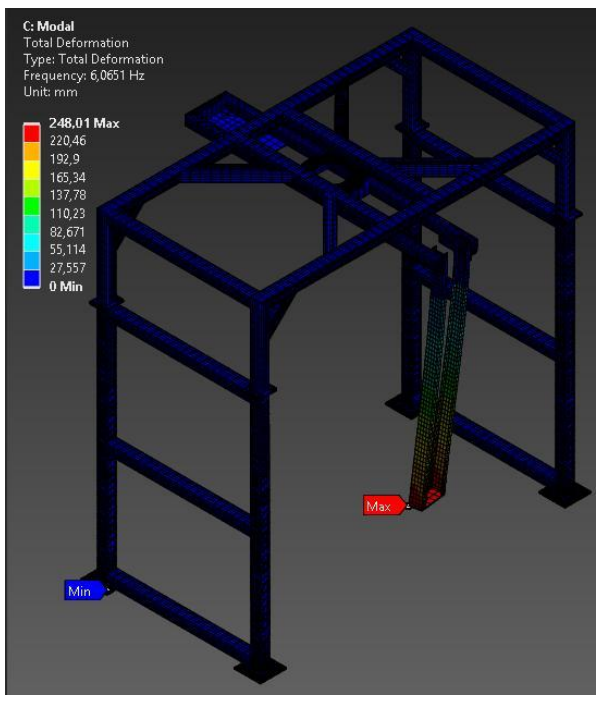


Figura 8: 1º modo (flexão do braço), Caso 2. f_1 = 6,07 Hz, cerca de 12 vezes a frequência de rotação.

Conclusões

- Redução de 35,5% na massa com CS estático ≥ 4,0 e CS à fadiga ≥ 2,3.
- Nervuras na base reduzem o gradiente de tensão na ancoragem.
- Primeira frequência natural 12 vezes acima da rotação: sem risco de ressonância a 30 rpm.

Referências e Agradecimentos

BUDYNAS, R. G.; NISBETT, J. K. Shigley's mechanical engineering design. 11. ed. McGraw-Hill, 2020.
COOK, R. D. et al. Concepts and applications of finite element analysis. 4. ed. Wiley, 2002.
RAO, S. S. Vibrações mecânicas. 4. ed. Pearson, 2008.

Agradecimentos: à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Ensino Superior Brasil (CAPES) - código de financiamento 001 e à UNESP.