

ANÁLISE DE TENSÕES E DEFORMAÇÕES EM CUNHAS CENTRALIZADORAS POR SIMULAÇÃO NUMÉRICA COMPUTACIONAL

Enzo Matos Marchesini¹; Alexandre Evaldt Steffen²; Lucas Lincoln Fonseca Soares²; Valter Estevão Beal²

¹ Bolsista; Iniciação Tecnológica; enzomarchesini@gmail.com

² Centro Universitário SENAI CIMATEC; Salvador - BA; valtereb@fiob.org.br

RESUMO

Nesse estudo foi avaliado o desempenho de cunhas, padrão ISO 2538-1:2014, que centralizam uma estrutura posicionada verticalmente, com carga elevada, através de tensões e deformações obtidas por meio de simulação numérica computacional utilizando um modelo de dinâmica explícita. A partir dos resultados, foi observado que as tensões nas cunhas se mantiveram, majoritariamente, abaixo da tensão de escoamento do aço estrutural, entretanto, devido às cargas elevadas e ao impacto da estrutura nas cunhas, houve deformação plástica significativa na face e no corpo da cunha, que podem ter sido agravadas por concentradores de tensão no contato entre os corpos. Assim, evidencia-se a importância do dimensionamento segundo as normas acompanhada da simulação computacional, visando garantir maior confiabilidade ao sistema.

PALAVRAS-CHAVE: Cunhas centralizadoras; Simulação computacional; Tensões; Deformações.

1. INTRODUÇÃO

As cunhas são máquinas simples e muito aplicadas em soluções de engenharia para produzir ajustes de posicionamento de um componente, transmissão de esforços e na aplicação de grandes forças, sendo essas funções ligadas intrinsecamente ao atrito, que também pode promover o auto travamento das peças. A cunha é caracterizada pela geometria trapezoidal, com a face angulada, responsável pela multiplicação de força. Os esforços sobre elas podem ser calculados analiticamente, através de um diagrama de corpo livre da cunha e da peça a ser movida.^{1,2} Adicionalmente, para o dimensionamento de cunhas, rabos de andorinha e blocos em V são utilizadas as normas ISO 2538-1:2014, que especifica dimensões padrões, e a ISO 2538-2:2014, que aborda métodos para dimensionamento e tolerâncias.

O funcionamento das cunhas depende diretamente da força de atrito, gerada pela força normal e pelo coeficiente de atrito, variando linearmente com a área de contato real. Este comportamento pode sofrer variações em algumas circunstâncias, dependendo das condições de carregamento e dos materiais em contato, sendo este um aspecto crítico ao se projetar e dimensionar essas máquinas.³ Ademais, em geometrias complexas, peças de grandes dimensões e com cargas elevadas envolvidas, as cunhas podem apresentar comportamentos elastoplásticos significativos, não sendo possível calcular os campos de tensão e deformação analiticamente para prever seu desempenho, que, se for inferior ao esperado, pode acabar gerando problemas na montagem ou falha no posicionamento do componente.

Tendo isso em vista, por meio da simulação numérica computacional do sistema de cunha e estrutura, pode ser analisado o desempenho das cunhas, o que traz maior confiabilidade e segurança ao sistema. Assim, esse estudo tem como objetivo avaliar o desempenho de cunhas, que centralizam uma estrutura, através dos resultados de tensões e deformações nelas, obtidos por meio de simulação computacional desse sistema.

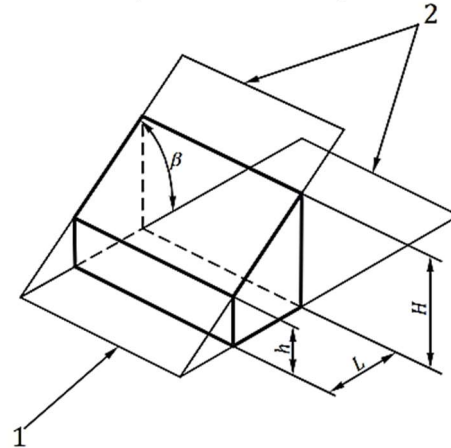
2. METODOLOGIA

Este trabalho apresenta um estudo de caso utilizando simulação numérica computacional, pelo método de elementos finitos, sobre o posicionamento de uma estrutura trapezoidal em um par de cunhas triangulares. Inicialmente, a estrutura está posicionada com um desalinhamento entre cunhas, ou seja, sua posição inicial está descentralizada (Figura 2). A estrutura possui massa equivalente a 2,58 toneladas, sendo maior parte gerada por uma força de 25 kN, em sua face inferior, e o restante vem de seu peso próprio. As cunhas foram dimensionadas segundo a norma ISO 2538-1:2014, cujas dimensões podem visualizadas na Figura 1, e na Tabela 1.⁴ O desalinhamento é de 10,50 mm, entre o plano médio da estrutura e o plano médio entre as cunhas. Tanto as cunhas como a estrutura são de aço estrutural (ASTM A36), cujas propriedades são: densidade de 7850 kg/m³, tensão de escoamento de 250 MPa, módulo de elasticidade de 200 GPa e coeficiente de Poisson de 0,3. Além disso, foi considerado modelo elastoplástico (não-linear) para o material, usando a curva tensão-deformação fornecida pelo *software*.

Esse estudo foi realizado utilizando o método de elementos finitos através do módulo de dinâmica explícita do *software* ANSYS. Para a geração da malha nas cunhas foram utilizados os seguintes recursos do

ANSYS: *face sizing* de 3 mm na face da cunha em contato com a estrutura e *body sizing* de 5 mm, já na estrutura, foi utilizado *face sizing* de 4 mm nas faces de contato e os demais elementos de 10 mm. Com essa configuração de malha, os resultados nas cunhas puderam ser mais precisos e a simulação teve menor custo computacional. Também foi aplicado gravidade ao sistema, a estrutura teve suas rotações restringidas e sua face superior definida como rígida, por fim, foi definido um *end time* da simulação de 0,02 s. Os outros parâmetros de solução numérica foram mantidos como padrão do ANSYS. Na Figura 2 é possível ver o esquemático do sistema estudado, as condições de contorno e malha utilizada na simulação. Com a realização da simulação foram obtidos e avaliados as tensões e deformações nas cunhas e na estrutura até sua centralização.

Figura 1: Dimensões para cunhas de ângulo menor que 90°.



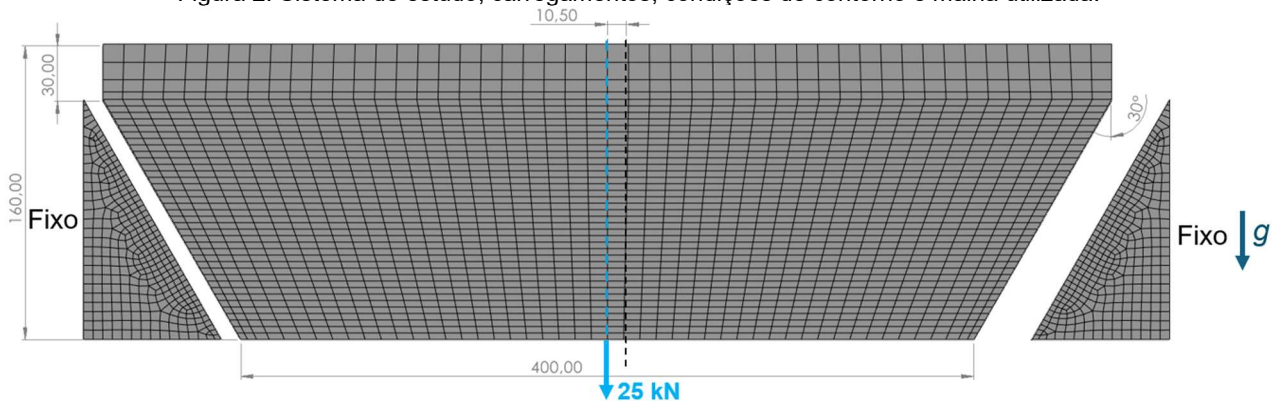
Fonte: ISO 2538-1:2014.

Tabela 1: Dimensões das cunhas.

Descrição	Dimensões
Ângulo (β)	60°
Altura menor (h)	0 mm
Altura maior (H)	130 mm
Largura (L)	75 mm

Fonte: Autoria própria.

Figura 2: Sistema de estudo, carregamentos, condições de contorno e malha utilizada.

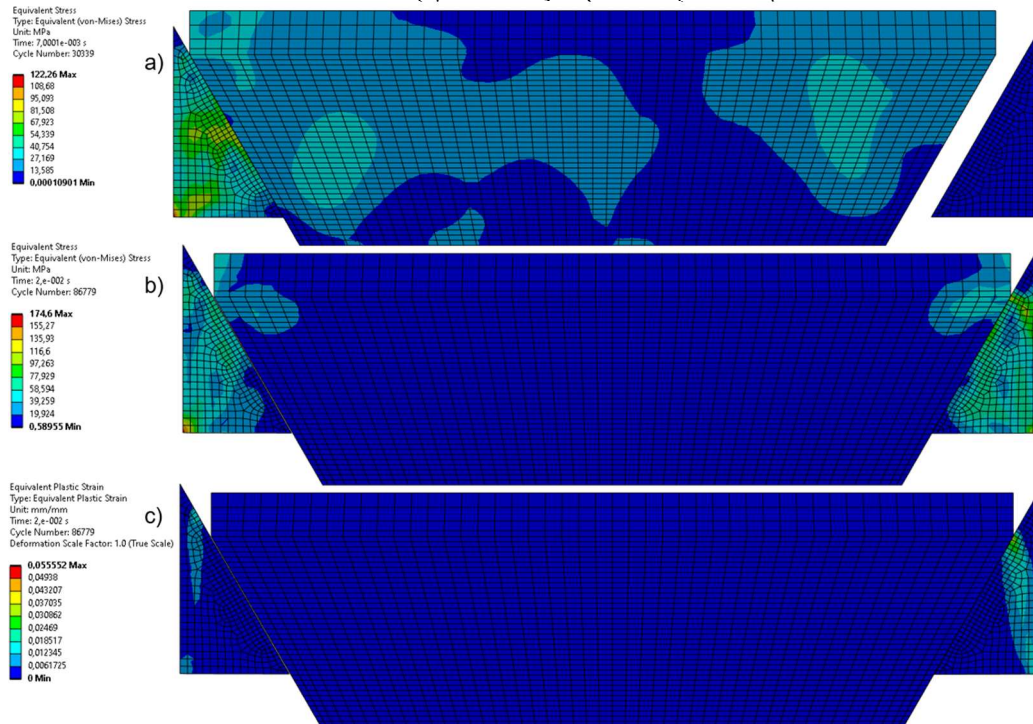


Fonte: Autoria própria.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Com a realização da simulação foram obtidas as tensões resultantes e as deformações plásticas nas cunhas e na estrutura. A Figura 3a mostra o campo de tensões no momento do impacto com a cunha mais próxima, na Figura 3b as tensões quando a estrutura está centralizada e na Figura 3c a deformação plástica total, que ocorreu de forma mais expressiva nas cunhas.

Figura 3: (a) Tensões de von-Mises (MPa) no primeiro contato. (b) Tensões de von-Mises (MPa) com a estrutura centralizada. (c) Deformação plástica (mm/mm).



Fonte: Autoria própria.

Analisando os resultados, na Figura 3a, logo no impacto, houve atrito entre a cunha e a estrutura, gerando 112,64 MPa de tensão máxima na interface com a estrutura. Já ao encostar na cunha oposta, ocorreu uma tensão máxima de 116,35 MPa, no entanto ocorreu concentração de tensão devido a aresta da estrutura, levando a uma tensão de 270,33 MPa, não mostrada na figura. Na Figura 3b, com a estrutura centralizada, observa-se uma distribuição e tensões mais uniforme, tanto na cunha como na estrutura, com tensões em torno de 170 MPa na região fixa. Por fim, na Figura 3c observa-se as deformações plásticas nas cunhas, que chegaram até 5,56%, sendo preponderantes na cunha da direita, devido a concentração de tensão.

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Nesse trabalho foi realizado um estudo numérico sobre um caso de centralização de uma estrutura extensa por cunhas, com a finalidade de calcular os campos de tensão e deformação para entender como seria o desempenho das cunhas com cargas elevadas. Os resultados mostram que as cunhas apresentaram, majoritariamente, tensões inferiores à tensão de escoamento do aço estrutural, sendo que as tensões mais elevadas ocorreram no escorregamento após o impacto da estrutura nas cunhas, evidenciando a criticidade do atrito para o funcionamento dessas máquinas, e nos cantos da região fixa. Além disso, ocorreram pequenas deformações plásticas, principalmente nas regiões de contato inicial da estrutura com as cunhas, as quais podem ter sido agravadas pela presença de concentradores de tensão. Para trabalhos futuros pretende-se avaliar tensões, deformações e reações em diferentes geometrias de cunha em suas aplicações.

5. REFERÊNCIAS

- ¹ MERIAM, J. L.; KRAIGE, L. G.; BOLTON, J. N. **Mecânica para Engenharia: Estática**. Porto Alegre/RS: Grupo GEN, 2022. E-book. ISBN 9788521638070. Disponível em: <https://integrada.minhabiblioteca.com.br/#/books/9788521638070/>. Acesso em: 05 mar. 2024.
- ² BEER, Ferdinand. **Mecânica vetorial para engenheiros: estática**. Rio de Janeiro/RJ: Grupo A, 2019. E-book. ISBN 9788580556209. Disponível em: <https://integrada.minhabiblioteca.com.br/#/books/9788580556209/>. Acesso em: 05 mar. 2024.
- ³ LIANG, X. M. *et al.* **An experimental study on the relation between friction force and real contact area**. *Scientific Reports*, [S.L.], v. 11, n. 1, 13 out. 2021. Springer Science and Business Media LLC. <http://dx.doi.org/10.1038/s41598-021-99909-2>.
- ⁴ INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. **ISO 2538-1:2014**: Geometrical product specifications (GPS) — Wedges — Part 1: Series of angles and slopes. Genebra: ISO, 2014. ISSN 0805-2010 – *Anuário de resumos expandidos apresentados no IX SAPCT - SENAI CIMATEC, 2024*