



SIMULAÇÃO NUMÉRICA DE ELEMENTOS FINITOS PARA ANÁLISE DE TENSÕES DE UM FLANGE

Tarik Aziz Saded Din, Orientador: Prof Dr. Marcelo Favaro Borges

INTRODUÇÃO E OBJETIVOS

Elemento usualmente empregado na união de componentes mecânicos, o flange é geralmente montado em par e unido por parafusos com finalidade de vedação e/ou acoplamento de estruturas, onde as superfícies de contato são mantidas sob força de compressão.

Como a engenharia sempre visa a otimização de projetos, é necessário a reutilização de peças com o intuito de reduzir o uso de recursos disponíveis. O flange da Fig. 1 (a) faz parte de uma complexa estrutura para execução de ensaios de fadiga em escala real, desta forma, é de interesse fazer um estudo de integridade. Este elemento foi fabricado para trabalhar no regime elástico, ou seja, não deve ultrapassar a tensão de escoamento do material (AÇO 1045) que é 310 MPa, segundo *Shigley's Mechanical Engineering Design*.

O desafio inicial deste trabalho é mapear e quantificar as tensões geradas por uma solicitação elevada que é exercida sobre o flange, ocasionada por um carregamento de 3300 kN que está atuando em um teste cíclico de tração, a fim de fornecer dados para o cálculo do dano acumulado em fadiga.

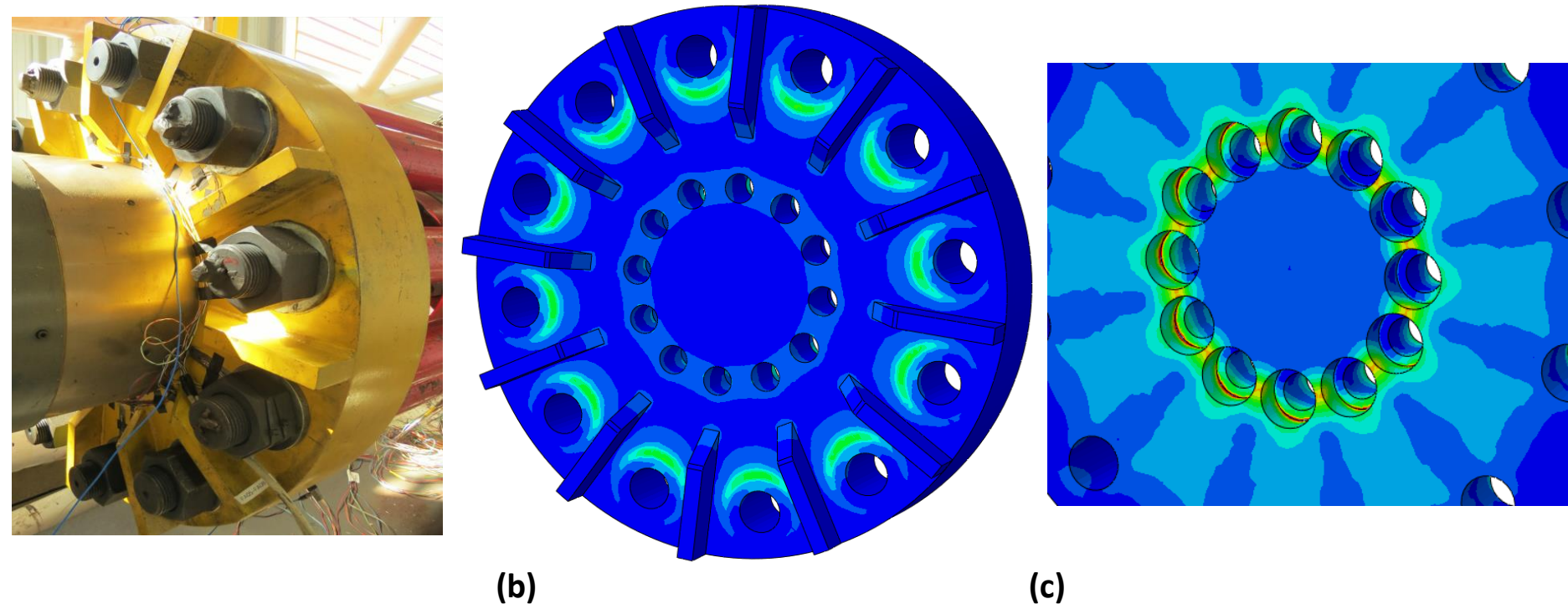


Figura 1: Flange em escala real submetido ao teste cíclico de tração (a), flange simulado no software *Abaqus* (b) e concentradores de tensão no rebaixo cilíndrico para os parafusos (c).

MÉTODOS E MATERIAIS

Com o auxílio do software de simulação numérica *Abaqus*, a peça foi modelada com CAD, com 797089 elementos tetraédricos e hexaédricos empregados, e as tensões calculadas com Método de Elementos Finitos de um modelo tridimensional do flange. Para uma análise robusta, foram relevantes as propriedades do material de construção do flange (AÇO 1045), que foram inseridas na simulação, tais como: módulo de elasticidade (Módulo de Young, E) e coeficiente de Poisson.

A validação desta análise foi feita através de comparação com ensaio experimental em escala real, neste caso, o método comparativo utilizado foi extensometria, onde emprega-se a instrumentação de *strain gauges*, exemplificado na Fig. 2 (a) e (b). Os *strain gauges* medem as deformações mecânicas no flange, onde o bipolo de resistência, quando fixado ao corpo de prova, sofre a mesma deformação do componente, desta forma, sua resistência elétrica é alterada gerando uma variação que é lida por outro dispositivo.

Para maior precisão, foi inserida uma área quadrada na mesma região onde encontram-se os *strain gauges*, onde houve um refino na malha utilizando elementos hexaédricos com tamanho de 2 mm, como mostra a Fig. 2 (c), para que assim possa ser feita uma melhor avaliação local.

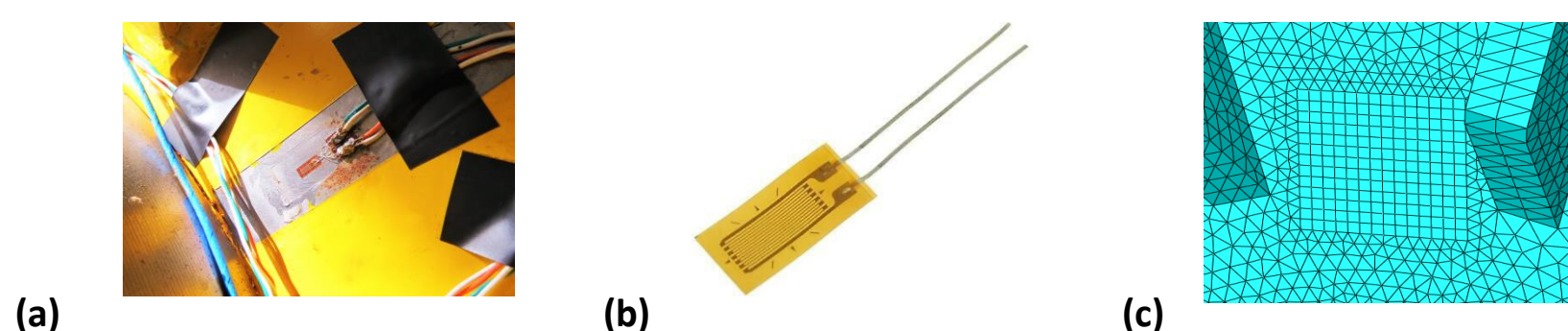


Figura 2: *Strain gauge* fixado (a), um exemplar de *strain gauges* (b) e área de refino da malha (c).

RESULTADOS

Fazendo uma avaliação da simulação computacional, percebe-se um gradiente de tensões ao longo da peça, onde estão divididas em forças trativas e compressivas. Além disso, há pequenos concentradores de tensões no rebaixo cilíndrico para os parafusos, isso ocorre devida a descontinuidade geométrica da peça, como apresenta a Fig. 1 (c). Esses concentradores podem gerar trincas, nas quais podem propagar-se e conseqüentemente induzir o componente à falha.

Para uma avaliação coerente e precisa, foi necessário criar um sistema de coordenadas (x, y, z) para determinar as tensões na mesma direção e posição de leitura dos 6 *strain gauges*, que estão distribuídos radialmente à 60° ao longo da peça. Esse procedimento justifica o uso dos elementos hexaédricos no mesmo local.

Utilizando a equação governante [$\sigma = E \cdot \epsilon$] das relações constitutivas e Módulo de Young no valor constante de 205 Gpa, foi possível determinar as tensões resultantes para cada deformação obtida, como mostra a Tab. 1.

Resultados da extensometria – 3300 kN			
E [MPa]	ϵ [$\mu\text{m}/\text{m}$]	σ_{S11} [MPa]	Strain gauge
205000	22,0	4,5	1
	47,0	9,6	2
	68,3	14,0	3
	63,0	12,9	4
	60,3	12,4	5
	28,7	5,9	6

Tabela 1: Valores obtidos por meio de análise de extensometria no eixo S11.

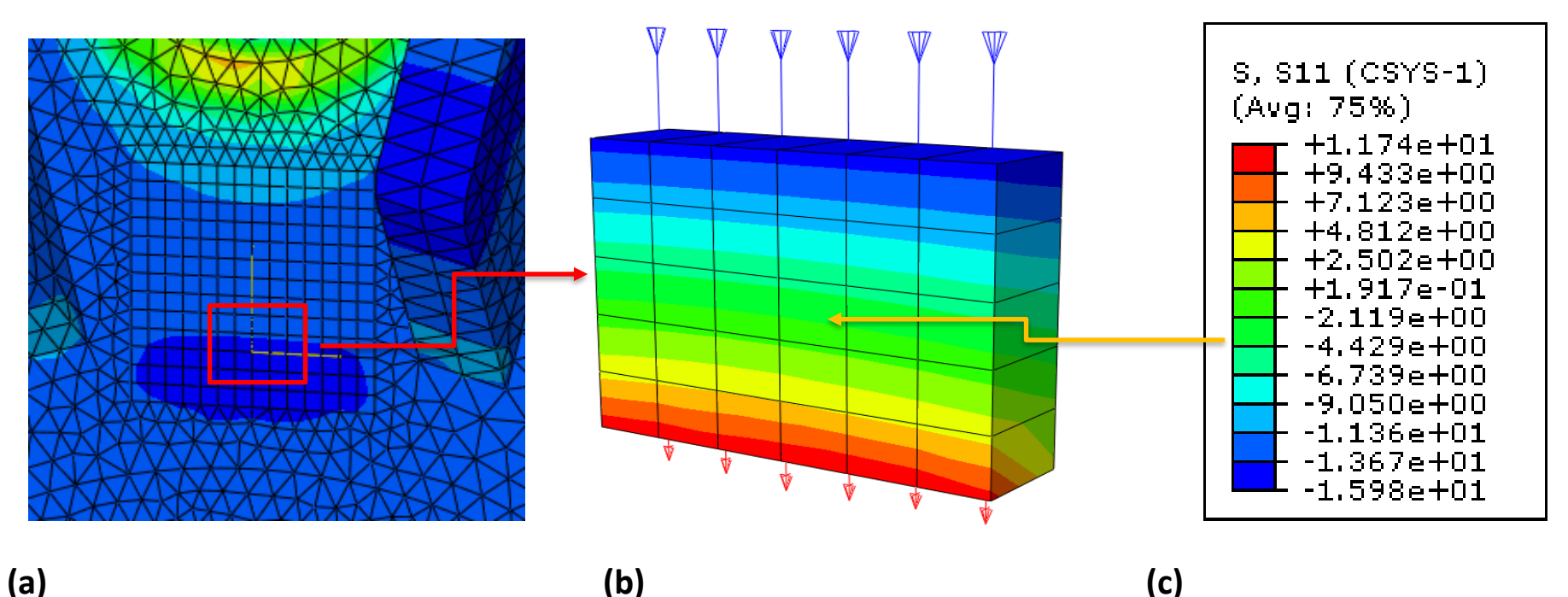


Figura 3: Área de refino no local de fixação dos *strain gauges* (a), elementos com exposição de tensões no eixo X extraídos da área de refino (b) e quadro de tensões S11 (c).

CONCLUSÕES

Avaliando as deformações encontradas pelos 6 *strain gauges* e fazendo o uso das relações constitutivas da mecânica dos sólidos, pôde-se determinar as tensões locais no flange, logo, analisando os resultados obtidos por meio de simulação e comparando-as com as tensões encontradas através da extensometria, verifica-se no *strain gauge* 1 uma pequena discrepância entre o seu valor e o obtido na simulação, como mostra a Tab. 1 e a Fig. 3 (c), que é de 4,50 Mpa [*strain gauge*] e 4,43 MPa [simulação]. Essas diferenças podem estar associadas à erros de instrumentação, como posicionamento e colagem dos *strain gauges* e/ou erros de simulação, como tamanho dos elementos finitos, e ainda por assumir uma média como constante para o módulo de Young.

Neste caso, a simulação numérica apresenta-se como uma ferramenta poderosa no auxílio da apuração de informações para a tabulação de dados para investigação de reações e solicitações, evidenciando a importância de uma investigação crítica em relação à reutilização de componentes mecânicos.