

# Aplicação do Método de Elementos Finitos em Chapa de Aço com Desgaste

Gustavo A. Lima<sup>1</sup>

Engenharia Mecânica, IFES, São Mateus, ES

Carlos Roberto A. Barcellos<sup>2</sup>

Programa de Pós-Graduação em Engenharia Metalúrgica e de Materiais – Propemm, IFES, Vitória, ES

Werley G. Facco<sup>3</sup>

Coordenadoria de Formação Geral, IFES, São Mateus, ES

Alex S. Moura<sup>4</sup>

Departamento de Economia, UFJF, Governador Valadares, MG

## 1 Introdução

O desgaste em equipamentos tem sido fonte de grande preocupação em indústrias siderúrgicas próximas ao mar, pois ocasiona perda de espessura, podendo levar a falhas e acidentes. O objetivo deste trabalho é apresentar a distribuição de tensões, por meio do Método de Elementos Finitos (MEF), em uma peça que sofreu desgaste.

## 2 Formulação

Foi utilizada a formulação fraca do problema e o método para encontrar a equação matricial associada ao MEF conforme [2]. Para construir tal abordagem, é avaliada a energia armazenada no sólido e a que provém da aplicação de cargas. Definidas as energias de deformação ( $U$ ) e potencial das forças aplicadas ( $V$ ) em cada elemento do domínio, pode-se encontrar a energia potencial do elemento finito triangular ( $\Pi$ ), cuja versão discreta encontra-se na Equação 1, em que  $Q_s$  são os deslocamentos nodais,  $K_s$  a matriz de rigidez e  $F$  o vetor de peso.

$$\Pi = U + V = \frac{1}{2} Q_s^T [K_s] Q_s - Q_s^T F \quad (1)$$

Pelo princípio do mínimo potencial de energia, tem-se a equação matricial global (Equação 2).

$$\frac{\partial \Pi}{\partial Q_s} = 0 \Rightarrow [K_s] Q_s = F \quad (2)$$

Após a construção da equação matricial global, condições de contorno são aplicadas a fim de remover graus de liberdade pré-estabelecidos. Após impor as condições de equilíbrio, a matriz de rigidez global torna-se não singular e os deslocamentos nodais podem ser encontrados. As tensões podem ser obtidas a partir dos deslocamentos nodais [2]. Foi analisada a tensão máxima de cisalhamento no plano, pois pode ser usada como critério de falha em metais dúcteis [1].

---

<sup>1</sup>2001gustavoalves@gmail.com

<sup>2</sup>barcello@gmail.com

<sup>3</sup>werleyfacco@ifes.edu.br

<sup>4</sup>alexsmoura100@gmail.com

### 3 Resultados e discussões

Foi aplicado o MEF 2D na análise de deslocamentos. Foi avaliada uma chapa quadrada de  $100mm$  de comprimento e espessura de  $1mm$ , com um furo passante de geometria irregular (Fig. 1a), tensionada por  $1kN$  em uma das faces laterais, e fixa na face oposta. Comparou-se os resultados computacionais com a melhor solução encontrada por meio de software consolidado, averiguando a redução do erro com o refinamento de malha (Fig. 1b). O erro foi calculado pela Equação 3, em que  $a_i$  é a solução de referência para o nó  $i$ , de aproximação  $x_i$ ; e  $n$  é o número total de pontos analisados. A tensão máxima de cisalhamento apresentou convergência para o valor de  $2.4kPa$ . Conforme [1], a tensão aplicada não é suficiente para causar deformação plástica na peça.

$$Erro = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (a_i - x_i)^2}{\sum_{i=1}^n a_i^2}} \quad (3)$$

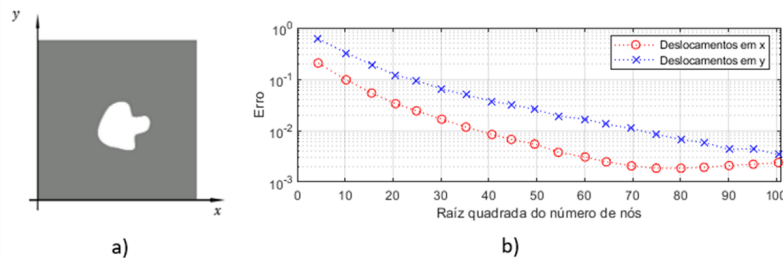


Figura 1: Domínio analisado (a) e variação do erro dos deslocamentos com refinamento de malha (b).

### 4 Conclusão

A simulação via MEF [2] foi satisfatória, mostrando-se eficaz tal qual a empregada em softwares comerciais. O carregamento não foi suficiente para gerar a falha. Contudo, a presença do furo acarretou na concentração de tensão na peça, reduzindo o limite de carregamento.

### Agradecimentos

Esse trabalho possui suporte em parte pela FAPES, FAPEMIG, CNPq e CAPES.

### Referências

- [1] R. C. Hibbeler. **Resistência dos materiais**. 7. Ed. São Paulo: Person, 2010.
- [2] N. KIM e B. V. SANKAR. **Introduction to Finite Element Analysis and Design**. Harbra, 2012.