



## Análise computacional estrutural estática de peças baseadas na Análise de Elementos Finitos (FEA – *FiniteElementAnalysis*) na formação técnica

Ana Maria Denardi<sup>1</sup> – [ana.denardi@ifpr.edu.br](mailto:ana.denardi@ifpr.edu.br)  
Anderson Rodrigo Piccini<sup>1</sup> – [anderson.piccini@ifpr.edu.br](mailto:anderson.piccini@ifpr.edu.br)  
Aurasil Ferreira Garcia Júnior<sup>1</sup> – [aurasil.junior@ifpr.edu.br](mailto:aurasil.junior@ifpr.edu.br)  
Eber de Santi Gouvêa<sup>1</sup> – [eber.gouvea@ifpr.edu.br](mailto:eber.gouvea@ifpr.edu.br)  
Gustavo Henrique Bazan<sup>1</sup> – [gustavo.bazan@ifpr.edu.br](mailto:gustavo.bazan@ifpr.edu.br)  
Julio Estefano Augusto Rosa Filho<sup>1</sup> – [julio.estefano@ifpr.edu.br](mailto:julio.estefano@ifpr.edu.br)  
Brenner Bressan de Lima<sup>1</sup> – [brennerbres@hotmail.com](mailto:brennerbres@hotmail.com)  
Bruno Tokio Iaemori Filho<sup>1</sup> – [brunofilho2001@hotmail.com](mailto:brunofilho2001@hotmail.com)  
Lucas Hideki Shiki<sup>1</sup> – [lucashlu@hotmail.com](mailto:lucashlu@hotmail.com)  
Matheus Albuquerque do Nascimento<sup>1</sup> – [teteunascimento@outlook.com](mailto:teteunascimento@outlook.com)  
Ricardo Toshiyuki Kato (Orientador)<sup>1</sup> – [ricardo.kato@ifpr.edu.br](mailto:ricardo.kato@ifpr.edu.br)

*1 – Instituto Federal do Paraná – IFPR Paranavaí*

**Resumo:** O artigo apresenta o desenvolvimento do projeto de ensino voltado para estudantes de nível técnico que visa oportunizar as técnicas de análise computacional baseado na Análise de Elementos Finitos (FEA). Permitindo ao aluno realizar estudos de estruturas estáticas, aplicando os conceitos de resistência dos materiais e entendendo a correlação existente entre a geometria e a concentração de tensão nas peças. A FEA ou Método dos Elementos Finitos (MEF) é uma técnica numérica utilizada para solucionar problemas de campo através de um conjunto de equações diferenciais. Na área da engenharia mecânica, esta metodologia é utilizada para solucionar problemas estruturais, térmicos e de vibrações nos projetos de máquinas e estruturas.

**Palavras-chave:** Análise. Estrutural. FEA. MEF.

### 1. Introdução

Segundo Azevedo (2003), a FEA ou MEF apresenta atualmente um nível de desenvolvimento que permite a sua utilização pela generalidade dos projetistas de estruturas. Enquanto que no passado muitos dos utilizadores do MEF estavam também envolvidos na respectiva programação em computador, verifica-se hoje em dia que a quase totalidade dos projetistas de estruturas apenas se preocupa com a utilização do correspondente software e com a interpretação dos resultados obtidos. Devido à grande complexidade associada ao desenvolvimento de modernos programas de computador dispendo de uma interface gráfica intuitiva, o desenvolvimento de software tem sido cada vez mais restringido às empresas especializadas. Por este motivo, o utilizador programador quase desapareceu, dando lugar ao mero utilizador. Perante um problema de análise de estruturas e dispendo de um software intuitivo, é perfeitamente acessível a um projetista a obtenção de resultados credíveis.

Embora a utilização de software de análise de estruturas baseados na FEA tenha facilitado e simplificado o estudo de tensões em estruturas estáticas, é necessário um prévio conhecimento das bases teóricas para saber interpretar de forma coerente os resultados apresentados nas simulações de análises de estruturas. Pois nem sempre o modelo de análise criado traduz a real situação de operação do componente em questão.

Contudo é muito comum a utilização desses tipos de softwares em grandes

corporações que desenvolvem tecnologia, pois o seu emprego geram grandes reduções de gastos durante a fase de projeto de um determinado produto, pois há a necessidade de realização de menos testes práticos para obter um produto final aceitável.

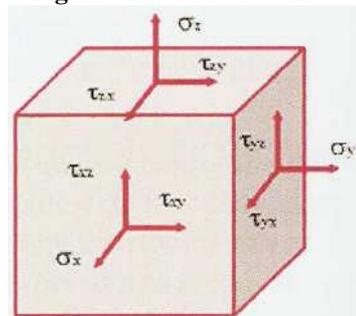
Assim o estudante de nível técnico que conhece os softwares de análise e os preceitos teóricos que envolvem essa metodologia, terá um diferencial no mercado de trabalho, pois saberá executar e interpretar de forma coerente os resultados que são apresentados.

## 2. Materiais e métodos

Um projeto de FEA consiste basicamente nas seguintes etapas:

- Criar um modelo geométrico 3D, desenvolvido em um software CAD (*Computer Aided Design*). Neste projeto foi utilizado o software Autodesk Inventor 2015 versão estudante.
- Atribuir às propriedades dos materiais, onde é definido o tipo de material ao qual a peça será fabricada.
- Definir as cargas e as restrições a serem consideradas, ou seja, definir as forças e os momentos que atuam sobre o objeto e os vínculos existentes para a fixação da peça.
- Realizar a discretização do modelo, onde é gerada uma malha que o divide em entidades pequenas e com forma simples, denominada elementos finitos.
- Executar a análise, onde é apresentado o resultado da deformação do material e a Tensão de Von Mises que pode ser interpretado pelo seguinte estado de tensão da Figura 01.

**Figura 01: estado de tensão**



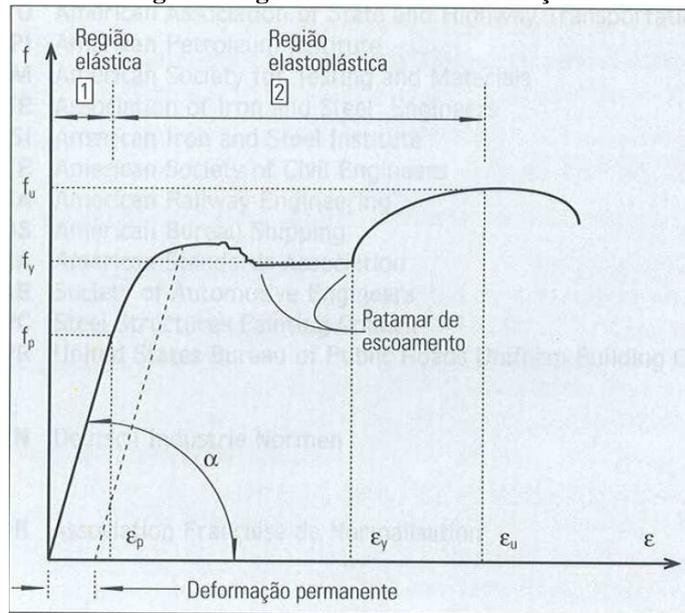
Fonte: Solidworks, 2008.

Considerando o estado de tensão da Figura 01, a tensão de Von Mises é dada pela Equação 01:

$$\sigma_{eq} = \sqrt{0.5 \left[ (\sigma_x - \sigma_y)^2 + (\sigma_y - \sigma_z)^2 + (\sigma_z - \sigma_x)^2 \right] + 3 \left( \tau_{xy}^2 + \tau_{yz}^2 + \tau_{zx}^2 \right)} \quad (01)$$

Por fim, verificar se a máxima Tensão de Von Mises calculada não excede o limite de escoamento do material para que não ocorram deformações plásticas na peça. As regiões de deformação plástica e elástica podem ser analisadas através de um gráfico de tensão x deformação, conforme Figura 02.

**Figura 02: gráfico tensão x deformação**

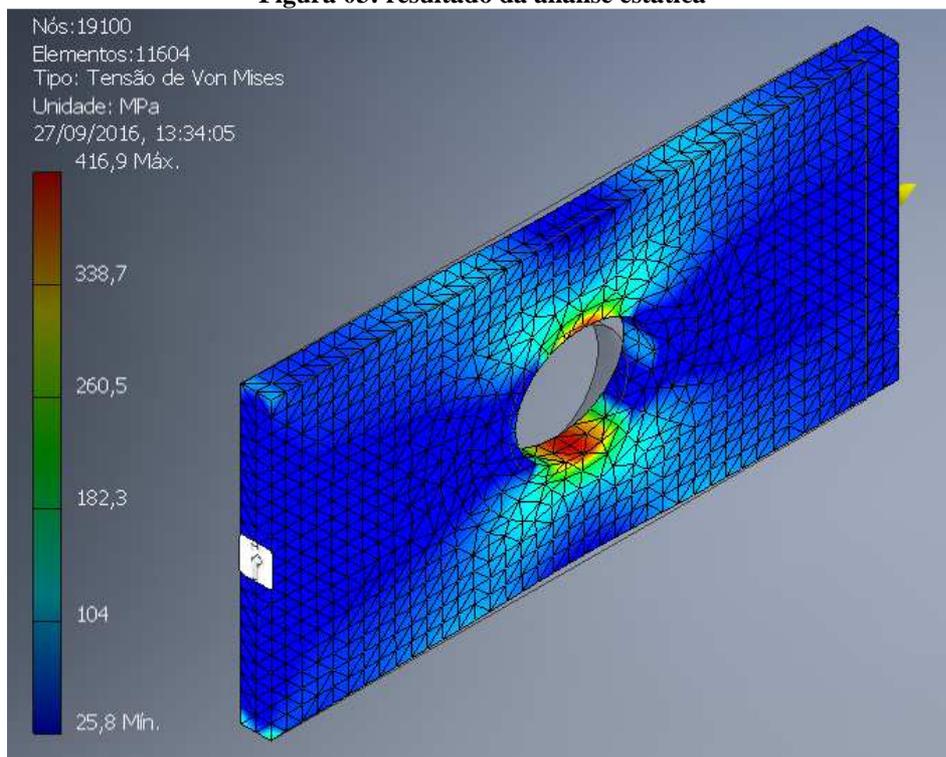


Fonte: SolidWorks, 2008.

### 3. Resultados e discussões

Para a simulação didática realizada, utilizou-se um modelo simples fabricado em aço inoxidável AISI 304, onde foi aplicada uma carga de tração de 110 kN em seu comprimento. Sendo que a máxima tensão de Von Mises encontrada foi de 416,9 MPa na região do furo, conforme pode ser observado na Figura 03.

**Figura 03: resultado da análise estática**



Fonte: O autor, 2016

Em seguida, compararam-se os resultados obtidos com os resultados analíticos, sendo considerado:

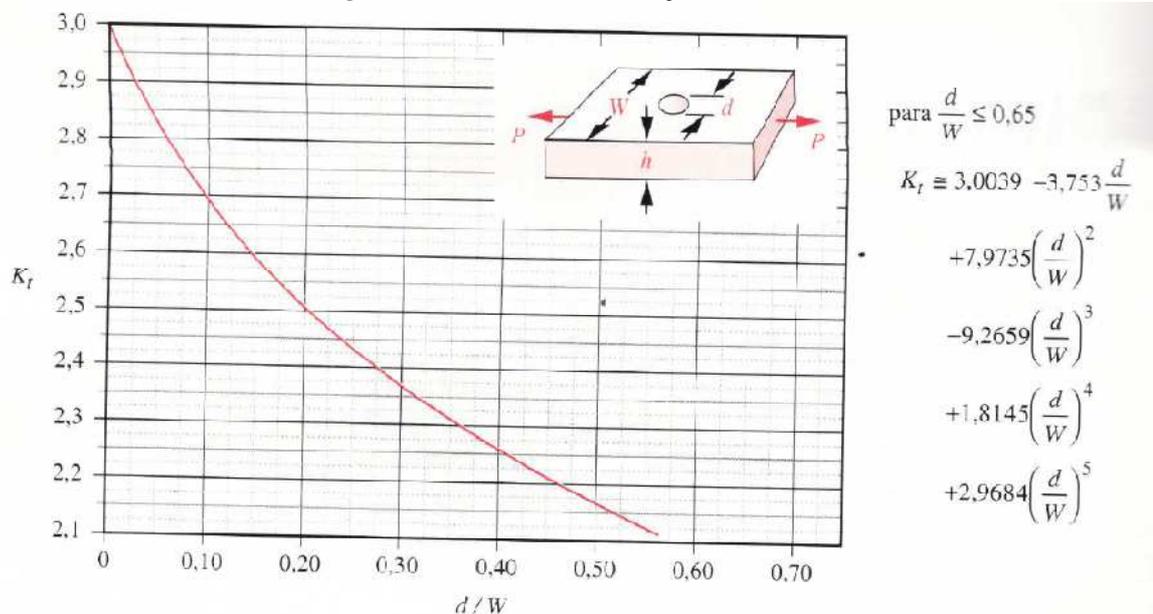
- $W = 100$  mm (largura da placa);
- $D = 40$  mm (diâmetro do furo);
- $T = 10$  mm (espessura da placa);
- $P = 110.000$  N (carga de tração);

Pela análise de concentração de tensão, a maior tensão ocorre na seção transversal onde se localiza o furo, podendo ser calculado pela seguinte equação 02.

$$\sigma_{max} = K_t \times \left[ \frac{P}{(W - D) \times T} \right] \quad (02)$$

Onde  $K_t$  é o fator de concentração de tensão que pode ser calculado através do gráfico da Figura 04. Sendo  $K_t = 2,26299$ .

Figura 04: Fator de concentração de tensão



Fonte: Norton, 2004

Substituindo os valores na equação 02, tem-se o seguinte resultado:

$$\sigma_{max} = 2,26229 \times \left[ \frac{110.000}{(100 - 40) \times 10} \right] = 414,753 \text{ MPa} \quad (03)$$

Sendo um valor muito próximo ao obtido na análise estática utilizando a FEA.

#### 4. Conclusões

Verifica-se pela análise comparativa utilizando a FEA e o método analítico, ambos obtiveram resultados similares de máxima tensão. Se utilizado corretamente a FEA é uma ferramenta que pode ser amplamente utilizada para resolução de problemas de engenharia. Contudo, é necessário um amplo conhecimento de resistência dos materiais de modo a interpretar a coerência dos resultados.

Assim, o discente de nível técnico que conhece os softwares de análise e os preceitos teóricos que envolvem essa metodologia, terá um diferencial no mercado de trabalho, pois saberá executar e interpretar de forma coerente os resultados que são apresentados.

## **5. Referências Bibliográficas**

AZEVEDO, A. F. M. **Método dos elementos finitos**. 1ªed. Porto: Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, 2003.

NORTON, R. L. **Projeto de Máquinas – Uma abordagem integrada**. 2 ed. Porto Alegre: Bookman, 2004.

**Uma introdução a aplicações de análise de tensão com o SolidWorksSimulation, Manual do Instrutor**. Concord: DassaultSystèmes. 2008.