



## PLANO DE ENSINO

|                               |                                    |
|-------------------------------|------------------------------------|
| <b>Programa</b>               | Ciências Mecânicas (53001010053P0) |
| <b>Nome</b>                   | ELEMENTOS FINITOS EM SÓLIDOS       |
| <b>Sigla</b>                  | PCMEC                              |
| <b>Número</b>                 | 2156                               |
| <b>Créditos</b>               | 4                                  |
| <b>Período de Vigência</b>    | 01/01/2016 -                       |
| <b>Professor responsável</b>  | Edgar Nobuo Mamiya                 |
| <b>Disciplina obrigatória</b> | nÃO                                |

### EMENTA

|  |   |
|--|---|
| <b>Objetivos:</b><br>(máx. 600 caracteres sem espaço)                      | Desenvolver competência, em nível de pós-graduação, nos aspectos da formulação, da programação científica e do uso do Método dos Elementos Finitos para a análise de tensão em sólidos.   |
| <b>Justificativa:</b><br>(máx. 600 caracteres sem espaço)                  | O Método dos Elementos Finitos é uma ferramenta computacional consagrada nas diversas áreas da Engenharia e das Ciências Físicas para a análise de problemas de campo e de evolução. O mercado oferece diversos produtos comerciais altamente qualificados para a análise, entre outras áreas, de tensões e de deformações em sólidos. O uso destas ferramentas computacionais – sem o conhecimento dos aspectos fundamentais de sua formulação, dos conceitos mecânicos envolvidos, dos métodos computacionais e das propriedades dos elementos finitos empregados – pode levar a simulação inconsistentes com o problema analisado ou à interpretação equivocada de seus resultados. Neste cenário, a disciplina se desenvolve sobre a formulação do método, os aspectos de programação científica, as formulações dos diversos elementos finitos (com suas propriedades e limitações) e o estudo de situações em que as simulações numéricas podem apresentar resultados mecanicamente inconsistentes. |
| <b>Conteúdo:</b><br>(Especificação dos módulos em negrito. Separado por ;) | 1) Conceitos fundamentais: deslocamentos, deformações, tensões, relação tensão-deformação sob comportamento elástico linear. 2) Formulação de problemas bidimensionais e tridimensionais de problemas de equilíbrio. 3) Discretização. 4) Elementos finitos isoparamétricos, bi e tridimensionais. 5) Aspectos básicos da programação do método dos elementos finitos. 6) Aspectos práticos da modelagem do sólido, da introdução dos parâmetros materiais, da aplicação das condições e contorno, do processamento e da análise dos resultados. 7) Descrição de deformações a volume constante observadas em materiais incompressíveis e durante a deformação plástica: dificuldades e soluções (integração reduzida, formulação B-bar). As atividades de programação são desenvolvidas em linguagem C++, empregando a biblioteca de álgebra linear computacional <i>Eigen</i> . Os pré e pós processamentos empregam o aplicativo <i>GMSH</i> .   |
| <b>Forma de Avaliação:</b><br>(Avaliação e porcentagem relativa)           | A avaliação será feita por meio de listas de exercícios e de implementação e validação de código computacional.   |
| <b>Observação:</b>   |   |
| <b>Bibliografia:</b><br>(Formato: ABNT<br>Mín. 4 e máx. de 8.)             | 1) Reddy, J.N. <i>Introduction to the Finite Element Method</i> , 4 <sup>th</sup> edition, McGraw Hill, 2019<br>2) Hughes, T.J.R, <i>The Finite Element Method: Linear Static and Dynamic Finite Element Analysis</i> , Dover, 2000. 3) Zienkiewicz, O.C, Taylor, R.L., Zhu, J. Z. <i>The finite element method: Its Basis and Fundamentals</i> , 7 <sup>th</sup> edition, Butterworth Heinemann, 2013. 4) Bathe, K.-J. <i>Finite Element Procedures</i> , 2 <sup>nd</sup> edition, Prentice Hall, 2014. 5) Fish, J. and  |

---

Textos clássicos devem ser incluídos, porém, é indispensável acrescentar bibliografias recentes (>2017).

Belytschko, T. *A first course in finite elements*, John Wiley & Sons, 2007. 6) Stroustrup, The C++ programming language, 4<sup>th</sup> edition, Addison-Wesley, 2013. 7) *Eigen C++ library for linear algebra* - [https://eigen.tuxfamily.org/index.php?title=Main\\_Page](https://eigen.tuxfamily.org/index.php?title=Main_Page) . 8) *GMSH mesh generator* - <https://gmsh.info/> .

---



## UNIT INFORMATION

|                      |                                     |
|----------------------|-------------------------------------|
| <b>Program</b>       | Mechanical Sciences (53001010053PO) |
| <b>Course unit</b>   | FINITE ELEMENTS IN SOLIDS           |
| <b>Unit code</b>     | PCMEC                               |
| <b>Unit number</b>   | 2156                                |
| <b>Credit points</b> | 4                                   |
| <b>Period</b>        | 01/01/2016 -                        |
| <b>Professor</b>     | Edgar Nobuo Mamiya                  |
| <b>Prerequisites</b> | No                                  |

## UNIT OUTLINE

|   |  |
|---|--|
| <b>Objectives:</b><br>(máx. 600 caracteres sem espaço)  | To develop skills, at the graduate level, in the formulation, scientific programming, and use of the Finite Element Method for the stress analysis in solids.  |
| <b>Purpose:</b><br>(máx. 600 caracteres sem espaço)   | The Finite Element Method is a well-established computational tool employed in several areas of Engineering and Physical Sciences for the analysis of field and evolution problems. The market offers several highly qualified commercial products for the analysis of stresses and strains in solids, among other areas. The use of these computational tools - without the knowledge of the fundamental aspects of their formulation, of the mechanical concepts involved, of the computational methods and of the properties of the finite elements used - can lead to inconsistencies in the simulations or to the misinterpretation of their results. In this scenario, this unit develops over the method formulation, the scientific programming aspects, the formulations of the various finite elements (with their properties and limitations) and the study of situations in which numerical simulations can present mechanically inconsistent results. |
| <b>Contents:</b><br>(Especificação dos módulos em negrito. Separado por ;)                                    | 1) Fundamental concepts: displacements, strains, stresses, stress-strain relations under linear elastic behavior. 2) Formulation of two-dimensional and three-dimensional equilibrium problems. 3) Discretization. 4) Isoparametric, two- and three-dimensional finite elements. 5) Basic aspects of finite element method programming. 6) Practical aspects on modeling the solid, introducing material parameters, applying boundary conditions, processing and analyzing the results. 7) Description of constant volume deformations observed in incompressible materials and during plastic deformation of ductile metals: difficulties and solutions (reduced integration, B-bar formulation). Programming activities are developed in C++ language, employing the computational linear algebra library Eigen. Pre- and post-processing employ the GMSH application.  |
| <b>Assessment:</b><br>(Avaliação e porcentagem relativa)  | Assessment will include a number of lists of exercises as well as the implementation and validation of a finite element computer code for the stress analysis of linear elastic solids.  |
| <b>Remarks:</b>   | --   |
| <b>References:</b><br>(Formato: ABNT<br>Mín. 4 e máx. de 8.<br>Textos clássicos devem ser incluídos, porém, é | 1) Reddy, J.N. <i>Introduction to the Finite Element Method</i> , 4 <sup>th</sup> edition, McGraw Hill, 2019<br>2) Hughes, T.J.R., <i>The Finite Element Method: Linear Static and Dynamic Finite Element Analysis</i> , Dover, 2000. 3) Zienkiewicz, O.C, Taylor, R.L., Zhu, J. Z. <i>The finite element method: Its Basis and Fundamentals</i> , 7 <sup>th</sup> edition, Butterworth Heinemann, 2013. 4) Bathe, K.-J. <i>Finite Element Procedures</i> , 2 <sup>nd</sup> edition, Prentice Hall, 2014. 5) Fish, J. and  |

---

indispensável acrescentar  
bibliografias recentes  
>2017).

Belytschko, T. *A first course in finite elements*, John Wiley & Sons, 2007. 6) Stroustrup, The C++ programming language, 4<sup>th</sup> edition, Addison-Wesley, 2013. 7) *Eigen C++ library for linear algebra* - [https://eigen.tuxfamily.org/index.php?title=Main\\_Page](https://eigen.tuxfamily.org/index.php?title=Main_Page) . 8) *GMSH mesh generator* - <https://gmsh.info/> .

---