



PLANO DE ENSINO

| | |
|-------------------------------|------------------------------------|
| Programa | Ciências Mecânicas (53001010053P0) |
| Nome | ELEMENTOS FINITOS EM FLUIDOS |
| Sigla | PCMEC |
| Número | 169668 |
| Créditos | 4 |
| Período de Vigência | 01/01/2012 - |
| Professor responsável | Antonio Cesar Pinho Brasil Junior |
| Disciplina obrigatória | Não |

EMENTA

| | |
|---------------------------|--|
| Objetivos: | O objetivo deste curso é introduzir o uso do método dos elementos finitos para simulações de escoamento de fluidos. Os aspectos matemáticos, de programação e de aplicação do método são discutidos em uma estrutura de implementação e simulação 2D dos testes clássicos de difusão, convecção-difusão e problemas de fluxo. |
| Justificativa: | No final do curso os alunos deverão ser capazes de: <ul style="list-style-type: none">• Demonstrar conhecimento e compreensão dos princípios básicos e metodologia do método dos elementos finitos (FEM) aplicados às técnicas de dinâmica dos fluidos computacional (CFD).• Demonstrar conhecimento e compreensão da base da teoria matemática e resultados do método de elementos finitos aplicado a problemas de difusão, convecção-difusão, Stokes e Navier-Stokes• Compreender e aplicar estratégias numéricas adequadas para diferentes equações relacionadas com os problemas de escoamento de fluidos;• Aplicar estratégias de programação apropriadas para resolver problemas de FEM para fluidos em diferentes linguagens (Matlab, Python e FreeFEM++)• Compreender o comportamento espúrio do FEM relacionado a erros numéricos, instabilidade e convergência. As técnicas numéricas estabilizadas também devem ser exploradas. |
| Conteúdo: | Módulo 1 – Introdução (Conceitos FEM e Equações da Mecânica dos Fluidos); Módulo 2 – discretização e interpolação FEM (elementos 2D e 3D e geração de malhas); Módulo 3 – Problema de difusão. Problemas dependentes do tempo. Implementação numérica. Visão geral da análise de erros; Módulo 4 – Problema de Convecção-Difusão. Discretização de Galerkin e comportamento instável. Implementação numérica. Métodos estabilizados; Módulo 5 – Problemas de escoamento de fluidos (Stokes e Navier-Stokes). Elementos LBB compatíveis. Algoritmos iterativos UZAWA; Algoritmos de projeção. |
| Forma de Avaliação | Projeto de curso (40% da nota); Trabalhos de casa (60% da nota); |
| Observação: | Os trabalhos para casa serão baseados na plataforma UnB FEM-Fluids denominada CORDEL (2D e malhas triangulares) e na linguagem FreeFEM++. Ferramentas de geração de malha (GiD e GMSH) serão exploradas. Ferramentas de visualização: Matlab, Python e Paraview |

Bibliografia:

1. O. C. ZIENKIEWICZ & R. L. TAYLOR ; The finite element method, Basics and Fluid Dynamics, Ed. McGraw-Hill, 2013.
 2. T. J. R. HUGHES; Finite element method: Linear Static and Dynamics finite element analysis, Ed. Prentice-Hall, 2000.
 3. O. PIRONNEAU; Finite elements for fluids, Ed. J. Wiley, 1990.
 4. G. DHATT e G. TOUZOT; Finite elements displayed, Ed. McGraw-Hill, 1990.
 5. P. L. GEORGE; Automatic mesh generation, Ed. J. Wiley, 1991.
 6. R. LOHNER, Applied CFD techniques – An introduction based on Finite Element Methods, J. Wiley, 2001.
 7. J. DONEA & A. HUERTA, Finite Element Methods for Flow Problems, J. Wiley, 2003.
 8. Y.W. KWON & H. BANG, The finite element method using Matlab, CRC Press, 2000.
 9. G. LI, Introduction to the Finite Element Method and Implementation with MATLAB®, Cambridge University Press, 2020.
 10. J. N. REDDY, N. K. ANAND, P. ROY, Finite Element and Finite Volume Methods for Heat Transfer and Fluid Dynamics, Cambridge University Press, 2022.
 11. ROLAND W. LEWIS, PERUMAL NITHIARASU, KANKANHALLI N. SEETHARAMU, Fundamentals of the Finite Element Method for Heat and Fluid Flow, J. Wiley, 2004.
 12. FRÉDÉRIC HECHT, FreeFEM documentation, 2020.
-



Unit information

| | |
|----------------------|-------------------------------------|
| Program | Mechanical Science (53001010053P0) |
| Course unit | Finite elements for fluids |
| Unit code | PCMEC |
| Unit number | 169668 |
| Credit points | 4 |
| Period | 01/1 |
| Professor | Antonio Cesar Pinho Brasil Junior |
| Prerequisites | Python or Matlab Programming skills |

Unit outline

| | |
|-------------------|--|
| Objective: | The aim of this course is to introduce the use of the finite element method for fluid flow simulations. The mathematical, programming and application aspects of the method are discussed in a framework of 2D implementation and simulation of the classical test cases of diffusion, convection-diffusion, and flow problems. |
| Purpose: | By the end of the course, students should be able to: <ul style="list-style-type: none">• Demonstrate knowledge and understanding of the basic principles and methodology in finite element method (FEM) applied to computational fluid dynamics (CFD) techniques.• Demonstrate knowledge and understanding of the basis of the mathematical theory and outcomes of the finite element method applied to diffusion, convection-diffusion, stokes and Navier-Stokes problems• Understand and apply appropriate numerical strategies for different equations related to the fluid flow problems;• Apply appropriate programming strategies to solve FEM problems for fluids in different languages (Matlab, Python, and FreeFEM++)• Understand the spurious behavior of FEM related to numerical errors, instability, and convergence. The stabilized numerical technics have to be also explored. |
| Contents: | Module 1 – Introduction (FEM concepts and Fluid mechanics equations); Module 2 – FEM discretization and interpolation (2D and 3D elements and mesh generation); Module 3 – Diffusion problem. Time-dependent problems. Numerical implementation. Overview of error analysis; Module 4 – Convection-Diffusion problem. Galerkin discretization and unstable behavior. Numerical implementation. Stabilized methods; Module 5 – Fluid flow problems (stokes and Navier-Stokes). Compatible LBB elements. Iterative UZAWA algorithms; Projection algorithms. Applications |
| Assessment | Course project (40% of the grade); Homeworks (60% of the grade); |
| Obs: | The homework will be based on the UnB FEM-Fluids platform named CORDEL (2D and triangular meshes), and FreeFEM++ language. Mesh generation tools (GiD and GMSH) will be explored. Visualization tools: Matlab, Python and Paraview |

Reference:

1. O. C. ZIENKIEWICZ & R. L. TAYLOR ; The finite element method, Basics and Fluid Dynamics, Ed. McGraw-Hill, 2013.
 2. T. J. R. HUGHES; Finite element method: Linear Static and Dynamics finite element analysis, Ed. Prentice-Hall, 2000.
 3. O. PIRONNEAU; Finite elements for fluids, Ed. J. Wiley, 1990.
 4. G. DHATT e G. TOUZOT; Finite elements displayed, Ed. McGraw-Hill, 1990.
 5. P. L. GEORGE; Automatic mesh generation, Ed. J. Wiley, 1991.
 6. R. LOHNER, Applied CFD techniques – An introduction based on Finite Element Methods, J. Wiley, 2001.
 7. J. DONEA & A. HUERTA, Finite Element Methods for Flow Problems, J. Wiley, 2003.
 8. Y.W. KWON & H. BANG, The finite element method using Matlab, CRC Press, 2000.
 9. G. LI, Introduction to the Finite Element Method and Implementation with MATLAB®, Cambridge University Press, 2020.
 10. J. N. REDDY, N. K. ANAND, P. ROY, Finite Element and Finite Volume Methods for Heat Transfer and Fluid Dynamics, Cambridge University Press, 2022.
 11. ROLAND W. LEWIS, PERUMAL NITHIARASU, KANKANHALLI N. SEETHARAMU, Fundamentals of the Finite Element Method for Heat and Fluid Flow, J. Wiley, 2004.
 12. FRÉDÉRIC HECHT, FreeFEM documentation, 2020.
-