

**SERVIÇO PÚBLICO FEDERAL**  
**MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO**  
**UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA**  
Faculdade de Engenharia Mecânica  
**COLEGIADO DO CURSO DE ENGENHARIA AERONÁUTICA**

**PLANO DE ENSINO REMOTO EMERGENCIAL**

**1. IDENTIFICAÇÃO**

<b>COMPONENTE CURRICULAR: Método dos Elementos Finitos</b>				
<b>UNIDADE OFERTANTE: Faculdade de Engenharia Mecânica - FEMEC</b>				
<b>CÓDIGO: FEMEC43073</b>		<b>PERÍODO/SÉRIE: 7°</b>		<b>TURMA: WA</b>
<b>CARGA HORÁRIA</b>			<b>NATUREZA</b>	
<b>TEÓRICA:</b> 30	<b>PRÁTICA:</b> 30	<b>TOTAL:</b> 60	<b>OBRIGATÓRIA: ( X )</b>	<b>OPTATIVA: ( )</b>
<b>PROFESSOR(A): Antonio Marcos Gonçalves de Lima</b>				<b>ANO/SEMESTRE:</b> 2020/2°
<b>OBSERVAÇÕES:</b> Disciplina ministrada de forma remota em conformidade com a <b>Resolução CONGRAD N° 7/2020</b> , que <b>Dispõe sobre a instituição, autorização e recomendações de Atividades Acadêmicas Remotas</b> Emergenciais, em caráter excepcional e facultativo, em razão da epidemia da COVID-19, no âmbito do ensino da Graduação na Universidade Federal de Uberlândia.				

**2. EMENTA**

Fundamentos do método de elementos finitos. Formulação de elementos unidimensionais, bidimensionais e tridimensionais: formulação direta, variacional e por resíduos ponderados. Elementos isoparamétricos. Aplicações em problemas de engenharia usando programas próprios feitos pelos alunos em ambiente de programação MATLAB e comparação com resultados de problemas acadêmicos disponíveis na literatura aberta.

**4. OBJETIVOS**

**Objetivo Geral:**

Capacitar o aluno para compreender as etapas fundamentais envolvidas na formulação teórica e resolução numérica de problemas de Engenharia pela técnica de elementos finitos; aplicar o método dos elementos finitos na resolução de diferentes tipos de problemas de Engenharia utilizando programas comerciais.

**Objetivos Específicos:**

Oferecer elementos para que os alunos conheçam, discutam e aprendam sobre os temas do programa: discretização de problemas de engenharia regidos por equações diferenciais; formulação matricial direta de problemas unidimensionais simples via análise de tensões e deformações; formulação variacional via princípios variacionais da mecânica para problemas mais complexos de engenharia; método de Rayleigh-Ritz; desenvolvimento de programas em ambiente de programação MATLAB.

**5. PROGRAMA**

**CAPÍTULO 1. Apresentação da Disciplina**

1.1. Objetivos

1.2. Conteúdo programático

- 1.3. Bibliografia
- 1.4. Sistema de avaliação

## **CAPÍTULO 2. Introdução ao Método dos Elementos Finitos (MEF)**

- 2.1. Conceito de discretização. Elementos e Nós. Etapas Fundamentais
- 2.2. Potenciais e Limitações do MEF
- 2.3. Exemplos de Aplicações na Engenharia via Emprego de Códigos Comerciais

## **CAPÍTULO 3. Formulação do MEF pelo Processo Direto**

- 3.1. Introdução às Técnicas de Aproximação
- 3.2. Método Direto – Problemas Unidimensionais
- 3.3. Exemplos de Aplicações em Engenharia com Desenvolvimento de Programas em MATLAB
  - 3.3.1. Problemas de Equilíbrio
  - 3.3.2. Problemas de Dinâmica Estrutural
  - 3.3.3. Problemas de Transferência de Calor
  - 3.3.4. Problemas de Mecânica dos Fluidos
- 3.4. Utilização de Programas Comerciais como ANSYS e/ou NASTRAN

## **CAPÍTULO 4. Formulação do MEF via Princípios Variacionais**

- 4.1. Introdução aos Princípios Variacionais da Mecânica
- 4.2. Deslocamentos Virtuais e Princípio do Trabalho Virtual
- 4.3. Princípio da Energia Potencial Estacionária
- 4.4. Discretização pelo MEF – Exemplo em Dinâmica Estrutural
  - Elementos do tipo vigas finas em flexão
  - elementos do tipo placas finas em flexão
- 4.5. Discretização pelo MEF – Exemplos em Termo fluídos

## **CAPÍTULO 5. Aulas Práticas**

Todos os modelos de elementos finitos dos problemas acadêmicos de análise estrutural, mecânica dos sólidos, transferência de calor e mecânica dos fluidos desenvolvidos nas aulas teóricas de forma remota serão implementados no ambiente de programação **Scilab 6.1.0**. Os resultados dos mesmos serão confrontados com os correspondentes disponíveis na literatura para efeito de verificação.

## **6. METODOLOGIA**

Exposição teórica em sala virtual com projeção de slides do conteúdo da disciplina e resolução de problemas de Engenharia. Atividades práticas com o uso de computadores pessoais para o desenvolvimento dos programas em elementos finitos dos problemas abordados.

Em conformidade com a **Resolução CONGRAD N° 7/2020**, as atividades a serem desenvolvidas no âmbito desse curso serão **Atividades Síncronas**<sup>1</sup> e **Assíncronas**<sup>2</sup>, dividindo a carga horária total de **60h** da seguinte forma:

### **Atividades Síncronas (18h)**

- **Carga Horária:** 18h em 9 semanas > 2h/semana
- **Horários de Realização:** Quarta-feira – 07:10h às 08:50h.

---

<sup>1</sup> Atividades onde os alunos e o docente se encontram de forma **on-line** no mesmo instante e no mesmo ambiente virtual, onde dúvidas e questionamentos poderão ser feitos em tempo real.

<sup>2</sup> Atividades que ocorrem sem a presença em tempo real do professor. Permite que os alunos desenvolvam o aprendizado de acordo com a própria disponibilidade de tempo e local de preferência.

- **Plataformas/programas a serem utilizados:** *Microsoft Teams* (para a realização das aulas teóricas/práticas e disponibilização dos materiais de apoio aos discentes) e *Scilab 6.1.0* (versão gratuita disponível no site <https://www.scilab.org/> para a confecção dos programas próprios em elementos finitos).

- **Requisitos do hardware para uso do Scilab 6.0.1 para Windows/Linux/Mac OSX:** De acordo com informações do site, o software requer as seguintes **especificações mínimas:**

1) **Windows:** roda no Vista, 7, 8 ou 10 (32 ou 64 bits), requerendo um Pentium IV ou equivalente, 2 GB RAM (1 GB mínimo) e 600 MB de espaço de disco rígido

2) **GNU/Linux:** 5.5+, 6.x (32 bit), 6.x (64 bit), 7.x (64 bit), Ubuntu Linux 18.04 LTS. Pentium IV ou equivalente, 2 GB RAM (1 GB mínimo) e 550 MB de espaço de disco rígido

3) **Mac OS:** OS X 10.12 Sierra, OS X 10.13 HighSierra, OS X 10.14 Mojave. Processador Mac Intel 64 bits, 2 GB RAM (1 GB mínimo) e 500 MB de espaço de disco rígido

### **Atividades Assíncronas (42h)**

- 1) **Resolução de exercícios e implementações computacionais (18h):** serão feitas implementações em elementos finitos dos exemplos abordados na aula de forma iterativa aluno-professor, utilizando o *Microsoft Teams* e o *Scilab 6.1.0*.
- 2) **Elaboração de vídeos explicativos (12h):** serão confeccionados vídeos explicativos a serem disponibilizados aos alunos contendo o passo-a-passo da resolução de exercícios-modelo. Será utilizado o *Microsoft Teams* e o *Scilab 6.1.0*.
- 3) **Elaboração de atividades avaliativas (2h):** aplicação de questões sobre os conteúdos que foram abordados para verificar o nível de aprendizado dos alunos. Serão feitas 02 avaliações para o acompanhamento do desenvolvimento dos alunos.
- 4) **Projeto Final da Disciplina (10h):** proposição pelo professor de um problema prático de engenharia a ser resolvido utilizando o Método dos Elementos Finitos e o ambiente de programação *Scilab 6.1.0*. O projeto será disponibilizado aos alunos com pelo menos 01 mês de antecedência ao término do semestre letivo via plataforma *Microsoft Teams*.

### **7. MATERIAL MULTIMÍDIA E COMPLEMENTAR ASSOCIADO AOS CONTEÚDOS TEÓRICOS PREVISTOS NA DISCIPLINA A SEREM PROVIDOS PELO PROFESSOR**

- 1) Apostilas de Elementos Finitos confeccionada pelo Professor;
- 2) Livros digitais de Elementos Finitos;
- 3) Slides dos conteúdos programáticos;
- 4) Vídeos explicativos de exercícios resolvidos e implementação computacional;

### **8. AVALIAÇÃO**

#### **1) Atividades Síncronas**

a – Participação nas aulas (10 pontos)

b – Duas avaliações a serem feitas pelos discentes (40 pontos)

#### **2) Atividades Assíncronas**

a – Listas de exercícios (20 pontos)

b – Projeto final da disciplina (30 pontos) → Disponibilizar meados de Setembro (dia 16/09), feito em grupos de 2 alunos,

## 9. BIBLIOGRAFIA

### Básica

KWON Y. W; BANG H. The finite element method using Matlab; CRC Press; 1997; ISBN 0-8493-9653-0.

HUEBNER K. H, THORNTON E. A; The finite element method for engineers; John Wiley & Sons; 1982; ISBN0-471-09159-6.

ZIENKIEWICZ, O. C. TAYLOR, R. L., ZHU, J. Z., The Finite Element Method: its Basis and Fundamentals. 6th Edition. Elsevier-Butterworth-Heinemann, 2005.

### Complementar

COOK, R.D, MALKUS, D.S., PLESHA, M.E., WITT, R.J., Concepts and Applications of Finite Element Analysis. 4th edition. Wiley, 2002. ISBN 0-471-35605-0.

BREBBIA C.A, CONNOR, J.J., Fundamentals of Finite Element Techniques for Structural Engineers. Butterworths, London.

ODEN, J. T, REDDY, J.N., An Introduction to the Mathematical Theory of Finite Elements, John Wiley, 1976.

REDDY, J.N., An Introduction to the Finite Elements Methods, 3th Edition, McGraw-Hill, 2005.

SOBRINHO, A.S.C, Introdução ao Método dos Elementos Finitos, Editora Ciência Moderna, 2006.

## 9. APROVAÇÃO

Aprovado em reunião do Colegiado realizada em: \_\_\_\_/\_\_\_\_/\_\_\_\_

Coordenação do Curso de Graduação em: Engenharia Aeronáutica