

INSTITUTO POLITÉCNICO DE TOMAR  
**Escola Superior de Tecnologia de Tomar**

DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL

Curso de Engenharia Civil

## DINÂMICA DE ESTRUTURAS E ENGENHARIA SÍSMICA

**4° Ano**

**Regime:** Semestral (1°)

**Ano Lectivo:** 2002/2003

**Carga Horária:** 2T+3P

**Docente:** Rui António Duarte Simões

Cristina Margarida Rodrigues Costa

### OBJECTIVOS

O objectivo fundamental da Dinâmica de Estruturas é estudar os efeitos produzidos nas estruturas, incluindo o cálculo de tensões, deformações, esforços internos, etc..., por acções dinâmicas, ou seja, acções cuja magnitude, direcção ou posição variam com o tempo.

O objectivo da Engenharia Sísmica é introduzir os conceitos básicos de sismologia e do modo de caracterização da acção sísmica e proceder à discussão dos aspectos regulamentares. Caracterizar a resposta das estruturas à acção sísmica incluindo a discussão dos modelos de dimensionamento das estruturas. Alertar para os problemas de concepção de estruturas em zonas sísmicas.

### PROGRAMA

1. Conceitos básicos da dinâmica de estruturas
  - 1.1. Objectivos fundamentais da análise dinâmica de estruturas;
  - 1.2. Tipos de acções dinâmicas;
  - 1.3. Características essenciais de um problema dinâmico;
  - 1.4. Idealização estrutural.

#### **PARTE I      SISTEMAS COM UM GRAU DE LIBERDADE**

2. Formulação da equação do movimento
  - 2.1. Componentes do sistema dinâmico básico;
  - 2.2. Métodos de formulação.
3. Resposta em vibração livre
  - 3.1. Solução geral da equação do movimento;
  - 3.2. Vibrações livres sem amortecimento;
  - 3.3. Vibrações livres com amortecimento.

4. Resposta a acções harmónicas
  - 4.1. Sistemas não amortecidos;
  - 4.2. Sistemas amortecidos;
  - 4.3. Resposta em ressonância;
5. Resposta a acções periódicas
  - 5.1. Expressão da carga em séries de Fourier;
  - 5.2. Resposta a cargas em série de Fourier.
6. Resposta a uma acção dinâmica geral
  - 6.1. Resposta a um impulso instantâneo;
  - 6.2. Integral de Duhamel;
  - 6.3. Casos particulares;
  - 6.4. Cálculo numérico do integral de Duhamel;
7. Introdução à análise da resposta não-linear de estruturas
  - 7.1. Introdução;
  - 7.2. Equação de equilíbrio incremental;
  - 7.3. Integração passo-a-passo;
  - 7.4. Sumário do procedimento.

## **PARTE II        SISTEMAS COM VÁRIOS GRAUS DE LIBERDADE**

8. Formulação das equações do movimento num sistema com vários graus de liberdade
  - 8.1. Selecção dos graus de liberdade;
  - 8.2. Condições de equilíbrio dinâmico;
  - 8.3. Formulação das equações do movimento.
9. Frequências próprias e modos de vibração
  - 9.1. Frequências próprias de vibração;
  - 9.2. Modos de vibração;
  - 9.3. Condições de ortogonalidade.
10. Análise da resposta dinâmica em termos de coordenadas normais – Método da sobreposição modal
  - 10.1. Coordenadas normais;
  - 10.2. Equações do movimento não amortecido desacopladas;
  - 10.3. Equações do movimento amortecido desacopladas.
11. Métodos iterativos
  - 11.1. Introdução;
  - 11.2. Método de Stodola;
  - 11.3. Método de Holzer.

## 12. Métodos energéticos

- 12.1. Essência do método;
- 12.2. Escolha da forma de vibração;
- 12.3. Cálculo da frequência própria;
- 12.4. Determinação de modos de vibração superiores: Método de Rayleigh-Ritz.

## 13. Aplicação do capítulo VII do Regulamento de Segurança e Acções para Estruturas de Edifícios e Pontes (RSA)

- 13.1. Bases teóricas;
- 13.2. Método estático;
- 13.3. Método de Rayleigh;
- 13.4. Método da sobreposição modal.

## **PARTE III      ENGENHARIA SÍSMICA**

14. Sismicidade e risco sísmico: estruturas geológicas e tectónica; causas dos sismos; magnitude e escala de Mercalli; características dos sismos; previsão dos sismos; sismicidade e influência das características do solo.

## 15. Caracterização e discussão dos aspectos regulamentares relativos à acção sísmica

- 15.1. Acelerogramas;
- 15.2. Espectros de resposta;
- 15.3. Espectros de potência.

## 16. Construção de estruturas em zonas sísmicas

- 16.1. Requisitos gerais das estruturas;
- 16.2. Aspectos regulamentares;
- 16.3. Reforço sísmico de estruturas.

## 17. Análise sísmica de estruturas

### 17.1. Modelação estrutural

- 17.1.1. Modelos tridimensionais;
- 17.1.2. Modelos planos;
- 17.1.3. Interação com as fundações

### 17.2. Avaliação da segurança estrutural

- 17.2.1. Dimensionamento baseado em forças: Análise estática e análise dinâmica;
- 17.2.2. Novos modelos de dimensionamento sísmico de estruturas (abordagem geral sobre: dimensionamento baseado em níveis de desempenho; dimensionamento pela capacidade resistente; dimensionamento baseado em deslocamento; dimensionamentos baseado em análises não lineares estáticas e dimensionamento baseado em análises não lineares dinâmicas).

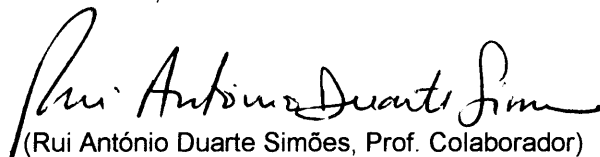
## **MÉTODO DE AVALIAÇÃO**

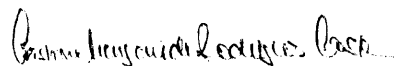
A avaliação de conhecimentos é efectuada através da realização de uma frequência e de dois exames (normal e de recurso) durante os períodos pré-estabelecidos. Estas provas são constituídas por duas partes: uma parte teórica sem consulta, cotada para 8 valores, e uma parte prática com consulta, cotada para 12 valores.

## **BIBLIOGRAFIA**

- 1 Apontamentos das aulas teóricas – Rui Simões
- 2 Apontamentos das aulas teóricas – Cristina Costa
- 3 Chopra, A. K. - *Dynamics of Structures, Theory and Applications to Earthquake Engineering*, Prentice Hall, 1995.
- 4 Clough, R. W. and Penzien, J. – *Dynamics of Structures*, McGraw-Hill, 1982.
- 5 Paz, M. – *Structural Dynamics, Theory and Computation*, Van Nostrand Reinhold Company, 1986.
- 6 R. S. A. – Regulamento de Segurança e Acções para Estruturas de Edifícios e Pontes, Imprensa Nacional – Casa da Moeda, 1986.
- 7 Silva, L. S. – *Apontamentos de Dinâmica de Estruturas*, Departamento de Engenharia Civil, Universidade de Coimbra, 1992.
- 8 Oliveira, C. S.; Azevedo, J.; Costa, A. G.; Costa, A. C. – *O sismo de Northridge, Los Angeles, de 17 Janeiro de 1994. Ensinaamentos para Portugal*, IC, IST, IC, FEUP, 1995

Tomar, 01 de Outubro de 2002

  
(Rui António Duarte Simões, Prof. Colaborador)



(Cristina Margarida Rodrigues Costa, Ass. 2º triénio)