

Ano Letivo 2019-20

Unidade Curricular DINÂMICA DE ESTRUTURAS E ENGENHARIA SÍSMICA

Cursos ENGENHARIA CIVIL (2.º Ciclo)  
ESPECIALIZAÇÃO EM ESTRUTURAS  
ESPECIALIZAÇÃO EM CONSTRUÇÃO

Unidade Orgânica Instituto Superior de Engenharia

Código da Unidade Curricular 17231003

Área Científica ESTRUTURAS

Sigla

Línguas de Aprendizagem Português.

Modalidade de ensino Ensino presencial.

Docente Responsável João Manuel Carvalho Estevão

DOCENTE	TIPO DE AULA	TURMAS	TOTAL HORAS DE CONTACTO (*)
João Manuel Carvalho Estevão	OT; T; TP	T1; TP1; OT1	15T; 30TP; 7,5OT

\* Para turmas lecionadas conjuntamente, apenas é contabilizada a carga horária de uma delas.

ANO	PERÍODO DE FUNCIONAMENTO*	HORAS DE CONTACTO	HORAS TOTAIS DE TRABALHO	ECTS
1º	S1	15T; 30TP; 7,5E; 7,5OT	175,5	6,5

\* A-Anual;S-Semestral;Q-Quadrimestral;T-Trimestral

#### Precedências

Sem precedências

#### Conhecimentos Prévios recomendados

Análise de Estruturas.

#### Objetivos de aprendizagem (conhecimentos, aptidões e competências)

Pretende-se iniciar os alunos no estudo da Dinâmica de Estruturas, de uma forma geral, e com base nos conhecimentos adquiridos, abordar os problemas da Engenharia Sísmica, de modo a conferir aos alunos uma visão conjunta da influência dos problemas do domínio da Engenharia Sismológica e Engenharia Geotécnica, na resposta sísmica de uma estrutura, tendo por base o enquadramento nos Eurocódigos. No final da unidade curricular os alunos irão adquirir a capacidade de realizarem análises sísmicas de estruturas, no contexto do Eurocódigo 8.

#### Conteúdos programáticos

Caracterização de um problema dinâmico. Ações dinâmicas. Discretização do sistema estrutural. Formulação das equações de movimento. Oscilador linear de um grau de liberdade. Resposta em regime livre. Resposta em regime forçado: ações periódicas - harmónicas, ações não periódicas - Integral de Duhamel. Determinação do amortecimento viscoso equivalente. Sistema linear de vários graus de liberdade. Equação característica. Modos de vibração. Coordenadas modais. Método da sobreposição modal. Método de Stodola. Método de Rayleigh simplificado.

Introdução à Engenharia Sísmica. Conceitos básicos de sismologia. Definição da ação sísmica. Análise da sismicidade. Perigosidade sísmica. Zonamento sísmico. Modelos descritivos das ações sísmicas. Efeitos locais. Análise sísmica de estruturas (2D e 3D). Análise modal com recurso a espectros de resposta. Métodos simplificados de análise sísmica. Comportamento sísmico de edifícios. Conceção estrutural sísmo-resistente. Capacity Design. Eurocódigo 8.

#### Demonstração da coerência dos conteúdos programáticos com os objetivos de aprendizagem da unidade curricular

A organização das matérias permite que o aluno entenda o comportamento dinâmico das estruturas, de uma forma geral, e depois possa extrapolar esse conhecimento para o problema específico dos efeitos da ação sísmica, numa perspetiva moderna da Engenharia Sísmica. Todo o processo de aprendizagem é realizado, primeiramente no abstrato, do ponto de vista teórico, seguindo-se a aplicação prática na resolução de problemas que espelhem a realidade da atividade profissional, no contexto de aplicação dos Eurocódigos Estruturais, designadamente do Eurocódigo 8, cumprindo assim os desígnios do ensino politécnico do saber fazer.

---

### **Metodologias de ensino (avaliação incluída)**

Exposição geral das matérias com recurso a apresentações (com imagens e animações) em Power-Point. Apresentação de exemplos resolvidos. Resolução autónoma de problemas teórico-práticos propostos. Utilização de programas informáticos de análise dinâmica de estruturas.

As aulas práticas irão decorrer em salas de informática, onde os alunos utilizarão, autonomamente, programas de cálculo automático para resolução de problemas que foram, previamente, resolvidos manualmente. Nas aulas de cariz de orientação tutorial serão debatidas as resoluções dos problemas propostos, com orientação dos docentes, mas visando a autonomização das aprendizagens. Existirão algumas aulas lecionadas no contexto laboratorial. A avaliação realizada ao longo do funcionamento da UC é composta por dois testes com igual peso na nota final (AF). A nota mínima em cada teste é igual a 8. Para os alunos com média AF<10, será realizado um exame final.

---

### **Demonstração da coerência das metodologias de ensino com os objetivos de aprendizagem da unidade curricular**

A exposição das matérias com animações e fotografias, para além da mera apresentação das expressões matemáticas (com a respetiva dedução), permite motivar o aluno para as matérias lecionadas. A utilização de programas de cálculo automático nas aulas, em simultâneo com a resolução manual dos problemas, permite fazer a ligação entre as matérias teóricas e a sua aplicação prática, o que se enquadra no contexto do ensino politécnico. Esta abordagem também possibilita ao aluno perceber que o programa de cálculo automático é uma mera ferramenta de trabalho. As aulas realizadas em laboratório, com recurso a modelos físicos didáticos, tem como objetivo facilitar a assimilação de conceitos básicos de dinâmica de estruturas (frequência natural de vibração e ressonância).

A realização de trabalhos práticos individuais tem como objetivo a facilitação da aquisição, por parte dos alunos, das competências previamente estipuladas. Desta forma, incentiva-se o aluno à aprendizagem autónoma individual, em casa, e em grupo reduzido, ou a título individual, em sessões tutoriais em sala de aula.

---

### **Bibliografia principal**

Chopra, A. K. (2006) - Dynamics of Structures ? Theory and applications to earthquake engineering, 3rd edition. Prentice Hall.

Clough, R. W. ; Penzien, J. (1993) - Dynamics of Structures. 2th ed. McGraw-Hill International Editions.

Estêvão, J.M.E. (2012) - Efeito da ação sísmica no comportamento de edifícios de betão armado com alvenarias de enchimento. Tese de doutoramento, 452 p. Instituto Superior Técnico, UTL.

Sen, T.K (2009) - Fundamentals of Seismic Loading on Structures. Wiley.

Lopes, M. - Coordenador (2008) - Sismos e Edifícios. Edições Orion.

IPQ (2010) - NP EN 1998-1. Eurocódigo 8: Projeto de estruturas para resistência aos sismos. Parte 1: Regras gerais, ações sísmicas e regras para edifícios. Instituto Português da Qualidade, Caparica, Portugal.

IPQ (2010) - NP EN 1998-5. Eurocódigo 8: Projeto de estruturas para resistência aos sismos. Parte 5: Fundações, estruturas de suporte e aspetos geotécnicos. Instituto Português da Qualidade, Caparica, Portugal.

**Academic Year** 2019-20

**Course unit** STRUCTURAL DYNAMICS AND EARTHQUAKE ENGINEERING

**Courses** CIVIL ENGINEERING  
ESPECIALIZAÇÃO EM ESTRUTURAS  
ESPECIALIZAÇÃO EM CONSTRUÇÃO

**Faculty / School** INSTITUTE OF ENGINEERING

**Main Scientific Area** ESTRUTURAS

**Acronym**

**Language of instruction** Portuguese. Tests and exams may be in English or Spanish for foreign students.

**Teaching/Learning modality** Face-to-face course.

**Coordinating teacher** João Manuel Carvalho Estevão

Teaching staff	Type	Classes	Hours (*)
João Manuel Carvalho Estevão	OT; T; TP	T1; TP1; OT1	15T; 30TP; 7,5OT

\* For classes taught jointly, it is only accounted the workload of one.

---

### Contact hours

T	TP	PL	TC	S	E	OT	O	Total
15	30	0	0	0	7,5	7,5	0	175,5

T - Theoretical; TP - Theoretical and practical ; PL - Practical and laboratorial; TC - Field Work; S - Seminar; E - Training; OT - Tutorial; O - Other

---

### Pre-requisites

no pre-requisites

---

### Prior knowledge and skills

Structural Analysis.

---

### The students intended learning outcomes (knowledge, skills and competences)

The main objective is to initiate students to the study of Structural Dynamics. Earthquake Engineering problems are studied based on previous knowledge. Basics of Engineering Seismology and Geotechnical Engineering are revised in seismic structural response context. At the end of the course students will acquire the ability to perform seismic analysis of structures in the context of Eurocode 8.

---

### Syllabus

Characterization of a dynamic problem. Dynamic action. Structural system discretization. Formulation of the equations of motion. One degree of freedom linear oscillator. Free and forced response of single degree of freedom systems. Periodic actions - harmonics and non-periodic actions (Duhamel integral). Determination of equivalent viscous damping. Multiple degrees of freedom linear systems. Characteristic equation. Vibration modes. Modal coordinates. Modal superposition method. Stodola method. Simplified Rayleigh method. Introduction to Earthquake Engineering. Basic concepts of seismology. Definition of seismic action. Analysis of seismicity. Seismic hazard analysis. Seismic zoning. Descriptive models of seismic actions. Local effects. Seismic structural analysis (2D and 3D). Analysis using modal response spectra. Simplified methods for seismic analysis. Seismic behavior of buildings. Earthquake-resistant structural conception. Capacity Design. Eurocode 8.

---

### Demonstration of the syllabus coherence with the curricular unit's learning objectives

The learning strategy allows the student to understand the dynamic structural behavior in general, and then to extrapolate that knowledge to the specific problem of the seismic action effects, in a modern perspective of Earthquake Engineering. Particular attention is paid to problems involving the seismic behavior of buildings, including the correlation of architectural typology, materials, and construction process used, with structural models and adopted seismic analysis methods. The whole learning process is accomplished, first by the theoretical study, and followed by the solution of problems that reflect the reality of professional activity. The study is in the context of Structural Eurocodes (particularly of Eurocode 8), and fulfill polytechnic goals.

### Teaching methodologies (including evaluation)

Overall exposure of materials using presentations (with animations and images) in Power-Point. Presentation of practical examples. Self-learning of theoretical and practical proposed problems. Use of computer programs for dynamic analysis of structures.

Classes will be held in computer rooms where students use computer programs to solve problems that were previously solved manually. In class-oriented guidance tutorial will discuss the proposed resolutions of problems, with guidance from teachers, but aimed at empowering learning. The evaluation is composed by two tests of equal importance in the final grade (AF between 0 and 20). The minimum grade in each test is 8. There will be a final exam if mean AF < 10.

---

### Demonstration of the coherence between the teaching methodologies and the learning outcomes

Subjects are presented together with animations and photographs, so not only the mathematical expressions are presented (with the corresponding deduction). This allows the student to be motivated. The use of computer programs in classrooms, simultaneously with the manual resolution of problems, favors the connection between theoretical and practical application, which fits into the context of the polytechnic aim. This approach also allows the students to understand that the computer program is merely a tool. Classes conducted in the laboratory, using physical didactic models, aims to facilitate the assimilation of basic concepts of structural dynamics (natural frequency of vibration and resonance). The practical individual work can benefit knowledge acquisition by students. Students are encouraged to individual study at home, and in small groups in tutorial sessions in the classroom.

---

### Main Bibliography

Chopra, A. K. (2006) - Dynamics of Structures ? Theory and applications to earthquake engineering, 3rd edition. Prentice Hall.

Clough, R. W. ; Penzien, J. (1993) - Dynamics of Structures. 2th ed. McGraw-Hill International Editions.

Estêvão, J.M.E. (2012) - Efeito da ação sísmica no comportamento de edifícios de betão armado com alvenarias de enchimento. Tese de doutoramento, 452 p. Instituto Superior Técnico, UTL.

Sen, T.K (2009) - Fundamentals of Seismic Loading on Structures. Wiley.

Lopes, M. - Coordenador (2008) - Sismos e Edifícios. Edições Orion.

IPQ (2010) - NP EN 1998-1. Eurocódigo 8: Projeto de estruturas para resistência aos sismos. Parte 1: Regras gerais, ações sísmicas e regras para edifícios. Instituto Português da Qualidade, Caparica, Portugal.

IPQ (2010) - NP EN 1998-5. Eurocódigo 8: Projeto de estruturas para resistência aos sismos. Parte 5: Fundações, estruturas de suporte e aspetos geotécnicos. Instituto Português da Qualidade, Caparica, Portugal.