

## **FICHA DE UNIDADE CURRICULAR** **(versão A3ES 2018 – 2023)**

### **1. Caracterização da Unidade Curricular**

**1.1. Designação da unidade curricular (1.000 carateres).**

Análise Estrutural Avançada / Advanced Structural Analysis

**1.2. Sigla da área científica em que se insere (100 carateres).**

ENGENHARIA CIVIL

**1.3. Duração<sup>1</sup> (100 carateres).**

Semestral

**1.4. Horas de trabalho<sup>2</sup> (100 carateres).**

135

**1.5. Horas de contacto<sup>3</sup> (100 carateres).**

T:	TP: 45	PL:	TC:
S:	E:	OT:	O:

**1.6. ECTS (100 carateres).**

5

**1.7. Observações<sup>4</sup> (1.000 carateres).**

Opcional

**1.7. Remarks (1.000 carateres).**

**2. Docente responsável e respetiva carga letiva na Unidade Curricular (preencher o nome completo). (1.000 carateres).**

Paulo Jorge Henriques Mendes (45 horas)

**3. Outros docentes e respetivas cargas letivas na unidade curricular (preencher o nome completo). (1.000 carateres).**

**4. Objetivos de aprendizagem (conhecimentos, aptidões e competências a desenvolver pelos estudantes) (1.000 carateres).**

1. Apresentação e discussão do método dos deslocamentos utilizando a formulação matricial, para análise de estruturas reticuladas planas e tridimensionais em regime linear, estudo desta formulação matricial do ponto de vista da sua aplicação prática, nomeadamente no que se refere à sua implementação e utilização no cálculo automático de estruturas.

2. Compreensão das principais formulações de análise do comportamento de sistemas lineares sob acções dinâmicas de carácter determinístico e estocástico.

---

<sup>1</sup> Anual, semestral, trimestral, ...

<sup>2</sup> Número total de horas de trabalho.

<sup>3</sup> Discriminadas por tipo de metodologia adotado (T – Ensino teórico; TP – Ensino teórico-prático; PL – Ensino prático e laboratorial; TC – Trabalho de campo; S – Seminário; E – Estágio; OT – Orientação tutorial; O – Outro).

<sup>4</sup> Assinalar sempre que a unidade curricular seja optativa.

3. Determinar a resposta de sistemas estruturais sujeitos a acções dinâmicas.
4. Introdução de alguns procedimentos básicos de análise experimental dinâmica.

**4. Intended learning outcomes (knowledge, skills and competences to be developed by the students) (1.000 characters).**

1. Presentation of the stiffness method using the matrix formulation applied to the analysis of frame structures. Study this formulation in order to implement computational routines.
2. This course aims the understanding of analysis formulation of linear systems under deterministic and stochastic dynamic excitation.
3. Determine the response of structural systems subjected to dynamic loads.
4. Introduction of some basic procedures for experimental analysis dynamic.

**5. Conteúdos programáticos. (1.000 caracteres).**

1. Formulação Matricial do Método dos Deslocamentos
  - 1.1 Matriz de rigidez do elemento de barra de pórtico plano;
  - 1.2 Matriz de rigidez do elemento de barra de pórtico plano em coordenadas locais e globais, utilizando a matriz de transformação de coordenadas;
  - 1.3 Vector das forças, em coordenadas locais e globais;
  - 1.4 Resolução do sistema e obtenção dos deslocamentos nodais;
  - 1.5 Determinação das reacções e dos esforços;
  - 1.6 Sistematização da formulação matricial;
  - 1.7 Esquema geral de uma aplicação computacional.
  
2. Introdução à Dinâmica de Estruturas
  - 2.1 Modelos matemáticos de sistemas de 1 GL;
  - 2.2 Vibrações livres de sistemas de 1 GL;
  - 2.4 Análise da resposta de um sistema de 1 GL sujeito a uma carga com variação harmónica;
  - 2.5 Análise da resposta de um sistema de 1 GL sujeito a uma acção dinâmica qualquer;
  - 2.6 Análise de Fourier e resposta no domínio da frequência;
  - 2.7 Análise da resposta de um sistema de 1 GL a uma acção sísmica (conceito de espectro de resposta).

**5. Syllabus (1.000 characters).**

1. Matrix Formulation of the Displacement Method
  - 1.1 Stiffness matrix of the plane frame element;
  - 1.2 Stiffness matrix of the plane frame element in local and global coordinates, using the coordinate transformation matrix;
  - 1.3 Vector of the forces, in local and global coordinates;
  - 1.4 System resolution and obtaining nodal displacements;
  - 1.5 Determination of reactions and efforts;
  - 1.6 Systematization of matrix formulation;
  - 1.7 General scheme of a computational application.
  
2. Introduction to Structural Dynamics

- 2.1 Mathematical models of SDOF systems;
- 2.2 Free vibrations of SDOF systems;
- 2.4 Response analysis of a SDOF system subject to harmonic loads;
- 2.5 Response analysis of a SDOF system subject to a generic dynamic load;
- 2.6 Fourier analysis and frequency domain response;
- 2.7 Analysis of the response of a SDOF system to a seismic action (concept of response spectrum).

**6. Demonstração da coerência dos conteúdos programáticos com os objetivos de aprendizagem da unidade curricular. (1.000 caracteres).**

Capítulo 1 permite cumprir objectivo 1

Capítulo 2 permite cumprir objectivo 2, 3 e 4

**6. Evidence of the syllabus coherence with the curricular unit's intended learning outcomes (1.000 characters).**

Chapter 1 allow students to achieve objective 1

Chapters 2 allow students to achieve objective 2, 3 and 4.

**7. Metodologias de ensino (avaliação incluída). (1.000 caracteres).**

A metodologia de ensino assenta em aulas teóricas e teórico-práticas, nas aulas teóricas introduzem-se os conceitos teóricos enquanto nas teórico-práticas promove-se a resolução de exercícios de aplicação e/ou o desenvolvimento de aplicações computacionais que ajudam à compreensão dos vários assuntos abordados.

AVALIAÇÃO DE CONHECIMENTOS:

AVALIAÇÃO CONTÍNUA - 2 testes parciais + trabalho.

$NF=0,5 \times (T1+T2)/2+0,25 \times T+0,25 \times DT$

AVALIAÇÃO POR EXAME - exame final + trabalho.

$NF=0,5 \times E+0,25 \times T+0,25 \times DT$

Representando:

NF – Nota Final

T1 – Nota do 1º Teste

T2 – Nota do 1º Teste

E – Nota do Exame

T – Nota do trabalho

DT – Nota da discussão do trabalho

Os testes têm a duração de 1h30m, enquanto os exames têm uma duração de 3h00m.

A nota mínima em teste é de 8,0 valores, no entanto a média dos testes tem de ser igual ou superior a 10 valores, tal como a nota dos exames e dos trabalhos.

**7. Teaching methodologies (including assessment) (1.000 characters).**

The teaching methodology is based on theoretical and theoretical-practical lessons; first the theoretical concepts are presented followed by the resolution of practical problems and/or the development of computer applications which help students to understand the various topics.

ASSESSMENT:

CONTINUOUS ASSESSMENT - 2 partial tests + 1 practical assignment

$NF=0,5 \times (T1+T2)/2+0,25 \times T+0,25 \times DT$

ASSESSMENT BY EXAM (1st or 2nd) - 1 exam + 1 practical assignment

$$NF=0,5\times E+0,25\times T+0,25\times DT$$

Representing:

NF - final grade

T1 - grade of 1st test

T2 - grade of 2nd test

E - exam grade

T - practical assignment grade

DT - practical assignment discussion grade

Tests have a duration of 1h30m and are held in class, while exams have a duration of 3h00m.

The minimum grade in test is 8/20, however the average of the tests must be equal to or higher than 10/20, as the exam and assignments grade.

### **8. Demonstração da coerência das metodologias de ensino com os objetivos de aprendizagem da unidade curricular. (3.000 caracteres).**

Nesta unidade curricular a leccionação assenta em aulas teóricas e teórico-práticas. Nas aulas teóricas são introduzidos os conceitos teóricos, enquanto nas aulas teórico-práticas promove-se a resolução de exercícios de aplicação, que se entende como uma boa metodologia para os alunos assimilarem os principais conceitos que são objecto de aprendizagem. Para algumas matérias os alunos são estimulados/desafiados a desenvolver aplicações computacionais com o objectivo de melhor consolidarem a aprendizagem dos conceitos em estudo.

O regime de avaliação na forma de testes parciais (avaliação contínua) ou exames finais permite aferir se a assimilação de conhecimentos foi alcançada, enquanto o trabalho prático permite aferir a evolução na aprendizagem dos conhecimentos e o desenvolvimento de competências pelos alunos.

### **8. Evidence of the teaching methodologies coherence with the curricular unit's intended learning outcomes (3.000 characters).**

This course is based on theoretical and theoretical-practical lessons; first the theoretical concepts are presented followed by the resolution of practical problems which is a good methodology to students learn the main concepts of teaching. For some topics students are encouraged/challenged to develop computer applications in order to consolidate the learning concepts under study.

The assessment scheme using partial tests (continuous assessment) or final exams allow to measure if the knowledge assimilation has been achieved, while the practical assignment allows assessing progress in gaining knowledge and skills development by students.

### **9. Bibliografia de consulta/existência obrigatória. (1.000 caracteres).**

Mendes, P. (2019). "Apontamentos de Análise Matricial de Estruturas"

Martha, L. (2018). "Análise Matricial de Estruturas com Orientação a Objetos". GEN LTC

Ghali, A., Neville, A. M., Brown, T. G. (2017). "Structural Analysis: An Unified Classical and Matrix Approach", Seventh Edition. CRC Press, <https://doi.org/10.1201/b22004>.

Hibbeler, R. C. (2012). "Structural Analysis", Eighth Edition. Prentice Hall.

Mendes, P. (2019). "Dinâmica de Estruturas"

Chopra A. K. (2017). "Dynamics of Structures: Theory and Applications to Earthquake Engineering", Fifth Edition, Prentice Hall, New Jersey.

Clough R. e Penzien J. (1993). "Dynamics of Structures: 2ª Edição", McGraw-Hill, New York.

Maia, N.M.M.; Silva, J.M.M.; He, J.; (1997). "Theoretical and experimental modal analysis", Research Studies Press Ltd., Somerset, England, 468p.

Paz, M. (1997). "Structural Dynamics: Theory and Computation". 4th Edition, New York: Chapman & Hall.