

FICHA DE UNIDADE CURRICULAR (versão A3ES 2018 – 2023)

1. Caracterização da Unidade Curricular

1.1. Designação da unidade curricular (1.000 carateres).

Modelação em Engenharia Civil com Elementos Finitos

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

ENGENHARIA CIVIL

1.3. Duração¹ (100 carateres).

Semestral

1.4. Horas de trabalho² (100 carateres).

135

1.5. Horas de contacto³ (100 carateres).

T:	TP: 45,0	PL:	TC:
S:	E:	OT:	O:

1.6. ECTS (100 carateres).

5,0

1.7. Observações⁴ (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).

Sérgio Bruno Martins de Oliveira (45,0)

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

Jorge Manuel Neto Pereira Gomes (45,0)

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

1. Estudar os fundamentos da mecânica dos sólidos e da análise matricial de estruturas na perspetiva da análise de estruturas maciças. Equação de Navier: caso geral de equilíbrios tridimensionais. Referência às hipóteses simplificativas usadas na análise de peças lineares e laminares. Ações estáticas e dinâmicas
2. Estudar os fundamentos do método dos elementos finitos (MEF)

¹ Anual, semestral, trimestral, ...

² Número total de horas de trabalho.

³ 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).

⁴ Assinalar sempre que a unidade curricular seja optativa.

3. Desenvolvimento de programas de elementos finitos, em plataformas do tipo MATLAB, com vista a efetuar análises estruturais (casos 2D e 3D), análises térmicas e hidráulicas.
4. Desenvolvimento de rotinas para representação gráfica de resultados (representação 3D de campos de deslocamentos e tensões) recorrendo a plataformas do tipo MATLAB.
5. Análise de exemplos de aplicação envolvendo cálculos estruturais (barragens, túneis, pavimentos de vias de comunicação, fundações, etc.) e cálculos térmicos e hidráulicos. Comparação com resultados de programas comerciais.

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

4.1 Study the fundamentals of solid mechanics and matrix analysis of structures from the perspective of the analysis of massive structures. Navier equation: general case of three-dimensional equilibria. Reference to the simplifying assumptions used in the analysis of linear and laminar pieces. Static and dynamic loads

4.2 To study the fundamentals of the finite element method (FEM)

4.3 Development of finite element programs, using MATLAB type platforms, in view to perform structural analyses (2D and 3D), thermal and hydraulic analyses.

4.4 Development of routines for graphical representation of numerical results (3D representation of displacement fields and stress) using the type MATLAB platforms.

4.5 Analysis of application examples, namely structural computations (dams, tunnels, roads pavements, foundations, etc.), as well as thermal and hydraulic computations. Comparison with results of commercial programs.

5. Conteúdos programáticos. (1.000 carateres).

I- Fundamentos de análise de estruturas maciças: equilíbrios tridimensionais. Tensores das deformações e das tensões (3D). Cálculo e representação gráfica de tensões principais, em casos 2D e 3D. Relação entre tensões (em pontos) e esforços (em secções).

II- Equações fundamentais da mecânica dos sólidos para o caso geral de equilíbrios tridimensionais. Estudo da equação de Navier para o caso geral 3D. Condições de fronteira em análise de estruturas. Estudo da transferência de calor: Equação de Fourier. Mecânica dos fluidos: Equação de Navier-Stokes

III - Resolução numérica de eq. diferenciais: Método dos Elementos Finitos (MEF). Forma forte e forma fraca. Funções de interpolação para diferentes tipos de elementos finitos. Formulação do MEF na perspectiva do desenvolvimento de aplicações computacionais

IV - Fundamentos de programação do MEF em plataformas do tipo MATLAB

V - Aplicações do MEF em mecânica estrutural, mecânica de fluidos e em problemas de condução de calor.

5. Syllabus (1.000 characters).

I- Fundamentals of the analysis of massive structures: three-dimensional equilibria. Tensors of deformation and stresses (3D). Calculation and graphical representation of principal stresses, 2D and 3D cases. Relationship between stress (in points) and forces (shear and axial forces) and moments in sections.

II- The main equations of solid mechanics for the general case of three-dimensional equilibria. Study of the Navier equation for the 3D general case, considering static and dynamic actions. Boundary conditions in structural analysis. Heat transfer study: Fourier equation. Fluid Mechanics: Navier-Stokes equation

III - Numerical solution of differential eq.: Finite Element Method (FEM). Strong and weak form. Interpolation functions for different types of finite elements. FEM formulation from the perspective of computer application development

IV – FEM programming fundamentals in MATLAB type platforms

V - Applications of FEM in structural mechanics, fluid mechanics and heat conduction

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

Os conhecimentos referidos em 4.1 e 4.2 são adquiridos nos Capítulos I e II. As competências referidas em 4.3 e 4.4 são desenvolvidas ao longo dos Capítulos III, IV. A competência referida em 4.5 é adquirida no Capítulo V.

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

The topics mentioned in 4.1 and 4.2 are acquired in Chapter I and II. The skills referred to in 4.3 and 4.4 are developed over the Chapters III and IV. The skill specified in 4.5 is acquired in Chapter V.

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

A leccionação da UC é realizada através de aulas teórico-práticas em ambiente de "Laboratório Computacional". Os diferentes tópicos abordados são sempre ilustrados com exemplos de aplicação e, em geral, os alunos desenvolvem aplicações computacionais com vista a verificarem como se aplicam os conhecimentos teóricos adquiridos.

A avaliação da disciplina é realizada através de um trabalho final (que envolve a finalização de um programa de elementos finitos iniciado no âmbito das aulas e a sua utilização) e através de dois testes e/ou de um exame final.

Nota final = 50% (T1+T2)/2 + 50% Trabalho.

Nota final = 50% Exame + 50% Trabalho.

A nota mínima em teste é de 8 valores desde que a média seja superior a 10 valores, a nota mínima no exame e no trabalho é de 10 valores.

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

The UC teaching is carried out in classroom of the type "Computer Lab". The different topics covered are always illustrated with application examples and, in general, students develop computer applications in order to ascertain how they apply the theoretical knowledge acquired.

The evaluation of the discipline is carried out through a final assignment (which involves the completion of a finite element program initiated within the scope of the classes and its use) and through two tests and / or a final exam.

Final grade = $50\% (T1 + T2) / 2 + 50\% \text{ Work}$.

Final grade = 50% Exam + 50% Work.

The minimum test score is 8 points as long as the average is higher than 10 points, the minimum score in the exam and at work is 10 points.

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

Os resultados obtidos da UC MEEF em semestres anteriores mostram que a metodologia de ensino adotada, baseada em aulas em ambiente de "Laboratório Computacional" nas quais os alunos desenvolvem competências ao nível da programação a par do estudo dos conceitos teóricos, permite atingir os objectivos estabelecidos e proporciona aos alunos a aquisição de todas as competências pretendidas.

Durante as aulas e na fase de elaboração do trabalho final os alunos apercebem-se que as matérias estudadas e a ênfase colocada na implementação computacional tem grande interesse para a sua vida profissional futura.

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

The results obtained in this UC in previous semesters show that the adopted teaching methodology, based on "Computational Laboratory" classes in which students develop skills in the programming alongside the study of theoretical concepts, achieves the objectives set and provides students with the acquisition of all required skills.

During the classes and preparation of the final work students realize that the subjects studied and the emphasis on computational implementation has great interest for future employment.

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

- 1 - Oliveira,S. (2019) - "Modelação em Engenharia Civil com Elementos Finitos", ISEL (Folhas de apoio da disciplina)
- 2 - Moore,H. (2012) - "Matlab for Engineers", 3rd ed., Pearson
- 3 - W.-F. Chen and A. Saleeb (1994) - "Constitutive Equations for Engineering Materials. Volume 1: Elasticity and Modelling", Studies in Applied Mechanics 37A, Elsevier.
- 4 - Zienkiewicz, O.C.; Taylor,R.L.; Zhu,J.Z. (2005) - "The Finite Element Method. Its Basis and Fundamentals", 6th Ed. Elsevier