

---

**1. Designação da unidade curricular**

[2191] Mecânica dos Materiais II / Mechanics of Materials II

---

**2. Sigla da área científica em que se insere** PMPMI

---

**3. Duração** Unidade Curricular Semestral

---

**4. Horas de trabalho** 148h 30m

---

**5. Horas de contacto** Total: 67h 30m das quais TP: 67h 30m

---

**6. % Horas de contacto a distância** Sem horas de contacto à distância

---

**7. ECTS** 5.5

---

**8. Docente responsável e respetiva carga letiva na Unidade Curricular** [1868] Maria Amélia Ramos Loja | Horas Previstas: N/D

---

**9. Outros docentes e respetivas cargas letivas na unidade curricular** Não existem docentes definidos para esta unidade curricular

---

**10. Objetivos de aprendizagem e a sua compatibilidade com o método de ensino (conhecimentos, aptidões e competências a desenvolver pelos estudantes).**

Esta unidade curricular visa aprofundar os conceitos fundamentais da teoria da elasticidade em regime linear elástico e proceder à sua aplicação na análise do comportamento mecânico de componentes estruturais e mecânicos. Para a análise das estruturas serão usados métodos energéticos e efetuado o aprofundamento dos conceitos associados à flexão e torção de componentes complexos.

Constituem também objetivos da disciplina a compreensão dos conceitos fundamentais usados no âmbito do projeto e cálculo automático de estruturas. Serão ainda introduzidos os conceitos fundamentais da teoria clássica de flexão de placas retangulares e é efetuada a aplicação de computação simbólica, em casos complexos.

---

**10. Intended Learning objectives and their compatibility with the teaching method (knowledge, skills and competences by the students).**

This curricular unit aims to deepen the fundamental concepts of the theory of elasticity in a linear elastic regime and proceed with its application in the analysis of the mechanical behaviour of structural and mechanical components. To analyze the structures, energetic methods will be used, and concepts associated with bending and torsion of complex components will be deepened. The objectives of the course are also to understand the fundamental concepts used in the design and automatic calculation of structures. The fundamental concepts of the classical theory of bending rectangular plates will also be introduced and symbolic computation will be applied in complex cases.

---

**11. Conteúdos programáticos**

Estados gerais de tensão/deformação e princípios energéticos: Estados gerais de tensão/deformação; Equações de equilíbrio e de compatibilidade; Energia elástica de deformação; Princípios energéticos; Princípio dos Trabalhos Virtuais; Princípio da Energia Potencial Mínima; Teoremas de Castigiano; Deslocamentos em estruturas isostáticas, estruturas hiperestáticas e pórticos.

Flexão e torção de perfis não simétricos: Flexão de vigas curvas; Flexão oblíqua; Flexão de perfis tubulares unicelulares e multicelulares; Torção de perfis finos abertos, fechados e mistos; Tensões de corte e fluxos de corte; Centros de corte.

Esforços combinados: Estados gerais de tensão; Tensões equivalentes; Combinação de esforços que geram estados uniaxiais e multiaxiais.

Elementos da teoria clássica de flexão de placas retangulares: Hipóteses da teoria de Kirchoff; Lei constitutiva para placas isotrópicas; Condições de fronteira; Métodos de Navier e Rayleigh-Ritz; Aplicações utilizando computação simbólica.

---

**11. Syllabus**

General states of stress/strain and energetic principles: States of stress and strain; Balance and compatibility equations; Elastic deformation energy; Energy principles; Principle of Virtual Works; Principle of Minimum Potential Energy; Castigiano's theorems; Displacements in isostatic structures, hyperstatic structures and frames.

Bending and torsion of non-symmetrical profiles: Bending of curved beams; Oblique flexion; Bending of single-cell and multi-cell tubular profiles; Twisting of thin open, closed, and mixed profiles; Shear stresses and shear flows; Shear centres.

Combined loads: General states of stress; Equivalent stresses; Combination of loads that generate uniaxial and multiaxial states. Elements of rectangular plate bending classical theory: Hypotheses of Kirchoff's theory; Constitutive law for isotropic plates; Boundary conditions; Navier and Rayleigh-Ritz methods; Applications using symbolic computation.

---

**12. Demonstração da coerência dos conteúdos programáticos com os objetivos de aprendizagem da unidade curricular**

Os conceitos fundamentais dos conteúdos programáticos são introduzidos nas aulas, baseados em sistemas estruturais ou mecânicos reais, permitindo que os alunos percepçam os aspectos qualitativos e quantitativos. A sequência dos conteúdos programáticos conduz o aluno a compreender o comportamento estático de componentes de estruturas e sistemas mecânicos. A compreensão da interação de componentes múltiplos e a percepção da importância das condições de equilíbrio e dos métodos energéticos na análise de estruturas e sistemas mecânicos, representam abordagens essenciais para que se atinjam os objetivos fundamentais da unidade curricular (UC). Na parte final da UC são apresentados vídeos e animações computacionais que possibilitam a melhor compreensão dos aspectos essenciais do estudo das tensões e deformações em estruturas. É iniciado o contacto com o método dos elementos finitos e é aprofundado o recurso aos meios de computação simbólica, para análise de estruturas complexas.

---

**12. Evidence of the syllabus coherence with the curricular unit's intended learning outcomes**

The fundamental concepts of the syllabus are introduced in the classes, based on real structural or mechanical systems, allowing students to understand the qualitative and quantitative aspects. The sequence of the syllabus guides the student to understand the static behaviour of components of mechanical structures and systems. Understanding the interaction of multiple components and the perception of the importance of equilibrium conditions and energetic methods in the analysis of mechanical structures and systems represent essential approaches for achieving the fundamental objectives of the curricular unit (UC). In the final part of the UC, videos and computer animations are presented that enable a better understanding of the essential aspects of the study of stresses and deformations in structures. Contact with the finite element method is initiated and the use of symbolic computing means for the analysis of complex structures is deepened.

---

**13. Metodologias de ensino e de aprendizagem específicas da unidade curricular articuladas com o modelo pedagógico**

A lecionação será efetuada através de aulas teórico-práticas. As aulas funcionarão com breves exposições sobre cada tema e exemplos práticos onde o aluno consolidará os diferentes conceitos, seguidas de resolução de problemas onde os alunos aplicarão os conhecimentos adquiridos. Algumas destas aulas envolverão o recurso a programas comerciais de cálculo automático.

---

**13. Teaching and learning methodologies specific to the curricular unit articulated with the pedagogical model**

Teaching will be developed through theoretical-practical classes. Classes will feature brief presentations on each topic, practical examples where students are expected to consolidate the concepts they have learned, followed by problems resolution, where students will apply the knowledge acquired. Some of these classes will involve using commercial automatic calculation programs.

---

#### 14. Avaliação

A avaliação da unidade curricular baseia-se no esquema de **avaliação distribuída com exame final**.

**Avaliação Distribuída:** Realização de dois trabalhos computacionais ( **TC** ), cuja classificação é obtida pela média aritmética da classificação dos dois trabalhos.

**Exame Final:** Realização de um exame escrito ( **Ex** ). Na época de exames não há lugar a melhoria de nota nem repetição de nenhum componente da avaliação distribuída.

**Classificação Final:**  $NF = 0,6 \text{ Ex} + 0,4 \text{ TC}$  ; mínimo de 9,5 valores para aprovação.

---

#### 14. Assessment

The assessment of the course is based on the **distributed assessment with a final exam** scheme.

**Distributed assessment:** Completion of two computational assignments ( **TC** ), the classification of which is obtained by the arithmetic mean of the classification of the two assignments.

**Final Exam:** A written exam ( **Ex** ). In the exam period, there is no room for improving the grade or repeating any component of the distributed assessment.

**Final Grade:**  $NF = 0.6 \text{ Ex} + 0.4 \text{ TC}$  ; minimum of 9.5 points for approval.

---

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

Nas metodologias de ensino são usadas diferentes abordagens que possibilitam atingir os objetivos da unidade curricular. Perante as características dos conceitos a transmitir são utilizadas aulas teórico-práticas, as quais constituem um conjunto que se pretende harmonioso, de forma a habilitar os alunos à compreensão e aplicação dos conceitos fundamentais associados aos conteúdos programáticos. Nas aulas teórico-práticas são usadas as potencialidades dos novos sistemas multimédia e efetuado o recurso a programas de computação simbólica para a simulação de modelos de análise do comportamento estático de estruturas e sistemas mecânicos, considerados como corpos deformáveis. É efetuada a generalização da análise linear elástica de componentes estruturais simétricos e não simétricos e de placas retangulares com diferentes condições de fronteira.

---

#### 15. Evidence of the teaching methodologies coherence with the curricular unit's intended learning outcomes

Different approaches are used in teaching methodologies to achieve the objectives of the curricular unit. Given the characteristics of the concepts to be transmitted, theoretical-practical classes are used, which constitute a set that is intended to be harmonious, to enable the students to understand and apply the fundamental concepts associated with the programmatic contents. In theoretical-practical classes, the potential of new multimedia systems is explored, and symbolic computing programs are used to simulate models for analysing the static behaviour of structures and mechanical systems, considered as deformable bodies. The generalization of linear elastic analysis of symmetric and non-symmetric structural components and rectangular plates with different boundary conditions is carried out.

**16. Bibliografia de**

**consulta/existência obrigatória** Hibbeler, R.C. Mechanics of Materials, Pearson, 11th edition, 2023

Mechanics of Materials, Ansel C. Ugural, Wiley, 2007.

Szilard, R. Theories and Applications of Plate Analysis Classical, Numerical and Engineering Methods. y John Wiley & Sons, Inc. 2004

Oden, J.T. and Ripperger, E.A., Mechanics of Elastic Structures, 2nd edition, 1981.

Beer, F., Johnston, E., DeWolf, J. and Mazurek, D. Mechanics of Materials, 8th Edition, 2022

---

**17. Observações**

Unidade Curricular Obrigatória

Data de aprovação em CTC: 2025-10-17

Data de aprovação em CP: 2025-10-17