
1. Caracterização da Unidade Curricular

1.1 Designação

[3713] Mecânica Computacional / Computational Mechanics

1.2 Sigla da área científica em que se insere

TPM

1.3 Duração

Unidade Curricular Semestral

1.4 Horas de trabalho

175h 30m

1.5 Horas de contacto

Total: 67h 30m das quais TP: 67h 30m

1.6 ECTS

6.5

1.7 Observações

Unidade Curricular Obrigatória

2. Docente responsável

[1868] Maria Amélia Ramos Loja

3. Docentes e respetivas cargas letivas na unidade curricular

[1868] Maria Amélia Ramos Loja | Horas Previstas: 135 horas

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

Esta unidade curricular pretende transmitir conhecimentos fundamentais e a sua manipulação e implementação em termos computacionais, referentes ao comportamento mecânico de corpos deformáveis de natureza mais avançada. A apreensão e a articulação de conhecimentos no contexto da teoria da elasticidade e de conhecimentos no âmbito da análise estrutural de sistemas/componentes comuns em engenharia como é o caso dos reservatórios de paredes espessas, da utilização crescente de materiais compósitos e de tópicos mais avançados no âmbito do estudo de placas e de pórticos, constituem-se como temas de relevância numa unidade desta natureza. Paralelamente é considerada igualmente importante uma introdução ao comportamento dinâmico em vibração livre de diferentes estruturas. Após conclusão com sucesso desta unidade curricular, o aluno deverá ser capaz de compreender e de implementar os modelos necessários à previsão do comportamento mecânico de estruturas deformáveis de maior complexidade.

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

This curricular unit intends to transmit advanced fundamental knowledge in the context of the mechanical behaviour of deformable bodies, as well as their implementation and processing in computational terms.

The apprehension and articulation of knowledge in the context of the elasticity theory and the knowledge in the structural analysis fields of common engineering systems/components, such as the thick-walled pressure vessels and other more advanced topics in the study of plates and frames, as well as the increasing trend on using composite materials, are relevant subjects in such a curricular unit.

Simultaneously, it is considered relevant in this context, an introduction to the free vibration dynamic behaviour of different structures.

The successful conclusion of this curricular unit enables the student to understand and anticipate the static and dynamic mechanical behaviour of greater complexity deformable structures.

5. Conteúdos programáticos

Conceitos fundamentais na computação em Engenharia. Aspectos avançados sobre computação simbólica e numérica.

Conceitos fundamentais da teoria da Elasticidade 3D. Caracterização do estado de tensão/deformação. Transformação de estados de tensão/deformação. Invariantes. Tensões/deformações principais. Campos de deslocamentos e de deformações. Equações de equilíbrio e compatibilidade.

Materiais Compósitos: Laminados e com gradiente funcional. Teoria clássica de vigas e placas. Relações constitutivas. Tensões/deformações residuais de origem térmica.

Placas. Princípios energia potencial mínima e Hamilton. Análise estática e dinâmica de vibração livre de placas retangulares construídas com materiais compósitos laminados e com gradiente funcional.

Análise estática e dinâmica de estruturas do tipo pórtico. Cálculo matricial de estruturas.

Reservatórios de paredes espessas. Estado de tensão/deformação em reservatórios de pressão cilíndricos/esféricos. Comportamento elasto-plástico.



5. Syllabus

Fundamental concepts in computing in Engineering. Advanced aspects of symbolic and numerical computation.

Fundamental concepts of the theory of 3D Elasticity. Characterization of states of stress/strain. Stress/strain states transformation. Invariants. Principal stresses and principal strains. Displacement and deformation fields. Equilibrium and compatibility equations.

Composite Materials: Laminated and with functional gradient. Classical theories of beams and plates. Constitutive relationships. Residual stresses/strains of thermal origin.

Plates. Minimum potential energy and Hamilton principles. Static and free vibration dynamic analysis of rectangular plates built with laminated and functional gradient composites.

Static and dynamic analysis of truss and frame-type structures. Matrix calculation of structures. Equilibrium equations.

Thick-walled vessels. States of stress/strain in cylindrical and spherical pressure vessels. Elasto-plastic behavior.

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

Os conceitos fundamentais dos conteúdos programáticos são introduzidos nas aulas, sendo, sempre que possível, baseados em sistemas estruturais/mecânicos reais, permitindo que os alunos percepcionem os seus aspectos qualitativos e quantitativos. A sequência dos conteúdos permite uma compreensão progressiva do comportamento mecânico de estruturas ou de seus componentes, formando um todo coerente com os conhecimentos no âmbito da mecânica dos corpos deformáveis, que os alunos já possuem quando iniciam os seus estudos nesta unidade curricular. Esta compreensão é facilitada através da utilização de metodologias de ensino aplicadas, vocacionadas para a formulação e implementação de solução dos problemas colocados.

Durante a leccionação desta unidade curricular são utilizadas aplicações computacionais que possibilitam uma melhor percepção dos aspectos essenciais no estudo das distribuições de tensões/deformações em estruturas, bem como do comportamento dinâmico de sistemas simples.

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

The fundamental concepts of the present syllabus are introduced during classes, and whenever possible, they are based on real structural/mechanical systems. This allows students to understand their qualitative and quantitative related aspects. The sequence of the topics also allows a progressive comprehension of the mechanical behaviour of structures and their components, as a coherent whole with the knowledge in the context of the deformable bodies' mechanics. Some of these subjects the students were already introduced to, in the previous cycle of studies.

The comprehension of the different topics is aided by using applied teaching methodologies, oriented to the formulation and implementation of the problems' solutions. During lectures, different types of computational applications are used, thus allowing a better perception of the essential aspects in the study of structure distributions of stresses and strains as well as of the dynamic behaviour of simpler structures.

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

Metodologias de ensino : A leção será efetuada através de aulas de carácter teórico-prático. Os temas serão introduzidos através de exposições de cada tópico, seguidas de alguns exemplos práticos para a sua consolidação. Nas aulas restantes proceder-se-á à resolução de exercícios, onde os alunos aplicarão os conhecimentos adquiridos, e nalguns casos serão utilizadas aplicações de cálculo simbólico.

Método de avaliação : Avaliação distribuída com exame final

Avaliação distribuída : Dois trabalhos computacionais (NTC) de igual peso e ao longo do semestre. A classificação mínima de cada trabalho é de 8,0 valores.

Exame Final : Realização de um exame escrito (NE), classificado de 0 a 20 valores. Os alunos têm de obter uma classificação mínima de 9,5 valores no exame.

Classificação Final (CF) : $CF = 0.60*NE + 0.40*NTC$. $CF \geq 9,5$ valores para aprovação.

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

Teaching methodologies: The lectures will be theoretical and practical. The topics will be introduced through lectures on each topic, followed by some application examples to consolidate them. In the remaining classes, exercises will be solved, where students will apply the knowledge, they have acquired, and in some cases, symbolic calculation computational applications will be used.

Assessment method: Distributed assessment with final exam

Distributed assessment: Two computational assignments (NTC) of equal weight throughout the semester. The minimum mark for each computational assignment is 8.0 points.

Final exam: A written exam (NE), graded from 0 to 20. Students must obtain a minimum mark of 9.5 in the exam.

Final Classification (CF): $CF = 0.60*NE + 0.40*NTC$. $CF \geq 9,5$ for approval.

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

Nas metodologias de ensino são usadas diferentes abordagens que se considera serem essenciais para possibilitar atingir os objectivos da unidade curricular. Consoante as características dos conceitos a transmitir são utilizadas abordagens mais teóricas ou teórico-práticas de modo a constituir um conjunto que se pretende harmonioso, para capacitar os alunos para a compreensão dos conceitos fundamentais associados aos conteúdos programáticos. Nas aulas são usadas as potencialidades de novas tecnologias de comunicação cujos pilares fundamentais se centram na utilização de aplicações de computação simbólica, bem como de aplicações de elementos finitos.

A utilização destas aplicações computacionais vem permitir a implementação de métodos analíticos que sem as mesmas não permitiam a sua utilização de uma forma efectiva, mas vem adicionalmente permitir a análise de estruturas de uma maior complexidade recorrendo a técnicas numéricas como é o caso do método dos elementos finitos.

Habilitar os alunos e futuros Mestres em Engenharia Mecânica, com as competências inerentes à capacidade de análise de corpos e estruturas deformáveis, é um objectivo de extrema importância, que se considera ser possível atingir através do conjunto de conhecimentos a transmitir a par da utilização das aplicações computacionais já mencionadas.

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

Different approaches are used in teaching methodologies that are considered essential to achieve the objectives of the curricular unit. Depending on the characteristics of the concepts to be transmitted, more theoretical or theoretical-practical approaches are used to create a harmonious set, to enable students to understand the fundamental concepts associated with the program contents. In classes, the potential of new communication technologies is used, whose fundamental pillars focus on the use of symbolic computing applications, as well as finite element applications. The use of these computational applications allows the implementation of analytical methods that without them would not allow their use effectively, but additionally allows the analysis of structures of greater complexity using numerical techniques such as the element method. finite. Enabling students and future master?s in mechanical engineering, with the skills inherent in the ability to analyze deformable bodies and structures, is an extremely important objective, which is considered possible to be achieved through the set of knowledge to be transmitted alongside the use of applications computational resources already mentioned.

9. Bibliografia de consulta/existência obrigatória

- Reddy, J.N., Mechanics of Laminated Composite Plates: Theory and Analysis, CRC Press, 2003
- Szilar, R. Theories and Applications of Plate Analysis Classical, Numerical and Engineering Methods. y John Wiley & Sons, Inc. 2004
- Reddy, J.N. Theory and Analysis of Elastic Plates and Shells, 2nd Edition. CRC Press, 2007
- Dias da Silva, V. Mechanics and Strength of Materials. Springer-Verlag Berlin Heidelberg 2006
- Mukhopadhyay, M., Sheikh, A.H. Matrix and Finite Element Analyses of Structures. ANE Books Pvt. Ltd. & Springer, 2022.
- Oden, J.T. and Ripperger, E.A., Mechanics of Elastic Structures, 2nd edition, 1981.



Ficha de Unidade Curricular A3ES
Mecânica Computacional
Mestrado em Engenharia Mecânica
2024-25

10. Data de aprovação em CTC 2024-07-17

11. Data de aprovação em CP 2024-06-26