

Ficha de Unidade Curricular

1. Caracterização da Unidade Curricular.

- 1.1. **Designação da unidade curricular** (1.000 carateres)
Métodos para Equações Diferenciais Ordinárias / Methods for Ordinary Differential Equations
- 1.2. **Sigla da área científica em que se insere** (100 carateres).
MAT
- 1.3. **Duração**¹ (100 carateres).
Semestral
- 1.4. **Horas de trabalho**² (100 carateres).
162
- 1.5. **Horas de contacto**³ (100 carateres).
TP – 90, OT - 5
- 1.6. **ECTS** (100 carateres).
6
- 1.7. **Observações**⁴ (1.000 carateres).
Obrigatória
- 1.7. **Remarks** (1.000 carateres).
Mandatory

2. Docente responsável e respetiva carga letiva na Unidade Curricular (preencher o nome completo) (1.000 carateres). Luís Manuel Ferreira da Silva – 48h

3. Outros docentes e respetivas cargas letivas na unidade curricular (1.000 carateres). Sérgio Paulo Fino de Sousa Lopes – 42h

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

1. Identificar e resolver EDO's de vários tipos (separáveis, exatas, lineares de segunda ordem).
2. Aplicar a transformada de Laplace à resolução de equações diferenciais.
3. Resolver sistemas de EDO's lineares com coeficientes constantes, elaborar diagramas de fase elementares e analisar o comportamento qualitativo de sistemas de EDO's em dimensão dois.
4. Compreender as diferenças entre problemas de valores iniciais e de valores na fronteira.
5. Compreender os aspetos teóricos fundamentais nos quais os métodos numéricos se baseiam.
6. Identificar e aplicar métodos numéricos adequados, bem como conhecer as principais vantagens e desvantagens dos mesmos.
7. Implementar computacionalmente os diferentes métodos recorrendo a *software* livre.
8. Demonstrar capacidade analítica e crítica na modelação e resolução de problemas em diferentes domínios aplicados, não só por aplicação direta dos métodos analíticos e numéricos estudados como por adaptação dos mesmos a novas situações.

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

1. Identify and solve ODE's of various types (separable, exact, linear of second order).
2. Apply the Laplace transform to the solution of ODE's.
3. Solve linear systems of ODE's with constant coefficients, elaborate elementary phase diagrams and analyse the qualitative behavior of two-dimensional systems of ODE's.
4. To understand the differences between initial value and boundary value problems.
5. To understand the fundamental theoretical aspects on which the numerical methods rely.

6. To identify and apply the most suitable numerical methods and to know their main advantages and disadvantages.
7. To implement the different methods using open source software.
8. To demonstrate critical thinking and analytical capability while modelling and solving problems in different domains of application, not only by direct application of the studied analytical and numerical methods, but also by adapting them to new situations.

5. Conteúdos programáticos (1.000 caracteres).

1. Introdução às EDO's.
2. EDO's de primeira ordem.
3. EDO's de segunda ordem.
4. Transformadas de Laplace.
5. Sistemas de EDO's lineares.
6. Sistemas de EDO's não lineares.
7. Problemas de valores na fronteira para EDO's lineares de segunda ordem.
8. Métodos a um passo. Erro local de truncatura.
9. Método de Euler. Métodos de Taylor. Métodos Runge-Kutta.
10. Consistência, estabilidade e convergência.
11. Métodos a passo adaptativo. Métodos de Fehlberg e de Dormand-Prince.
12. Métodos a passo múltiplo. Métodos preditor-corretor de Adams.
13. Problemas "rígidos". Estabilidade numérica. Métodos de derivação regressiva.
14. Diferenças finitas para problemas de valor na fronteira.

5. Syllabus (1.000 characters).

1. Introduction to ODE's.
2. First-order ODE's.
3. Second-order ODE's.
4. Laplace transforms.
5. Systems of linear ODE's.
6. Systems of non-linear ODE's.
7. Boundary value problems for second-order linear ODE's.
8. One-step methods. Local truncation error.
9. Euler's method. Taylor methods. Runge-Kutta methods.
10. Consistency, stability and convergence.
11. Adaptive step-size methods. Fehlberg and Dormand-Prince methods.
12. Multistep methods. Adams predictor-corrector methods.
13. Stiff equations. Numerical stability. BDF methods.
14. Finite differences for boundary-value problems.

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

O ponto 1 dos objetivos está em direta consonância com os pontos 1 a 3 dos conteúdos programáticos; o ponto 2 dos objetivos com o ponto 4 dos conteúdos programáticos; o ponto 3 dos objetivos com os pontos 5 e 6 dos conteúdos programáticos e o ponto 4 dos objetivos com o ponto 7 dos conteúdos programáticos. Os pontos 5 a 7 dos objetivos estão em direta consonância com os pontos 8 a 14 dos conteúdos programáticos. O ponto 8 dos objetivos é cumprido através da prática da formulação matemática de problemas com diferentes proveniências e correspondentes abordagens analítica, qualitativa ou numérica, bem como a análise dos resultados obtidos, estimulada ao longo da exposição de conteúdos.

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

Item 1 of the learning outcomes is in straight accordance with items 1 to 3 of the syllabus; item 2 of the learning outcomes with item 4 of the syllabus; item 3 of the learning outcomes with items 5 and 6 of the syllabus and item 4 of the learning outcomes with item 7 of the syllabus. Items 5 to 7 of the learning outcomes are in straight accordance with items 8 to 14 of the syllabus. Item 8 of the learning outcomes is fulfilled through the practice of mathematical formulation of problems with different origins and the corresponding analytical, qualitative or numerical approaches, as well as the analysis of the obtained results, stimulated throughout the presentation of the syllabus.

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

Aulas teórico-práticas, onde os conceitos e definições fundamentais são apresentados com recurso aos materiais de apoio ao ensino disponíveis, acompanhados da resolução de exercícios que ilustram os conceitos teóricos e a utilização de *software* para problemas onde recursos computacionais são necessários. São disponibilizadas listas de exercícios para uma mais eficaz compreensão dos conhecimentos apresentados. A avaliação é composta por um trabalho prático computacional obrigatório (NP) e um exame final (NE). A nota final (NF) é dada por $NF = 0.7*NE + 0.3*NP$. A aprovação na unidade curricular implica uma classificação final maior ou igual a 9.5 valores, tanto para NF como para NE.

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

Theoretical-practical classes, where the fundamental concepts and definitions are presented with the aid of all available teaching materials, along with the resolution of exercises that illustrate the theoretical concepts and the use of software when computational resources are required. Exercise sheets are made available for a more effective understanding of the presented knowledge.

The assessment is comprised of a mandatory computational assignment (NP) and of a final exam (NE). The final grade (NF) is given by $NF = 0.7*NE + 0.3*NP$. Approval in the curricular unit entails a final grade of at least 9.5 points, for both NE and NF.

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

As aulas teórico-práticas são essenciais a uma rigorosa e completa cobertura dos tópicos do programa, enquanto que a resolução de exercícios em contexto de aula permite ilustrar a aplicação prática dos conceitos e ferramentas estudados, ao mesmo tempo que se aprofundam os conceitos teóricos.

As listas de exercícios disponibilizadas, pela sua organização, conteúdo e diversidade do grau de dificuldade, permitem ao aluno acompanhar minuciosamente todos os tópicos da matéria e são o principal instrumento do estudo individual. Os exercícios que as constituem são adequados ao desenvolvimento das capacidades que se pretendem potenciar nos alunos.

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

The theoretical-practical classes are essential to a correct and comprehensive coverage of all topics in the syllabus, while the in-class resolution of exercises allows to illustrate the practical applications of the studied concepts and tools, enhancing the theoretical knowledge.

By their organization, content and diversity in the degree of difficulty, the exercise sheets allow students to closely monitor all topics of the syllabus and are the main tool regarding individual study. The exercises that constitute them are suited to train the skills that the students should acquire.

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

1. Blanchard, P., Devaney, R., Hall, R., *"Differential Equations"*, Brooks-Cole, 4th edition, 2012.
 2. Boyce, W., DiPrima, R., *"Equações Diferenciais Elementares e Problemas de Valor de Contorno"*, Livros Técnicos e Científicos, Editora, 1998.
 3. Trench, W. *"Elementary Differential Equations with Boundary Value Problems"*, Libre Texts.
 4. Zill, D., *"Advanced Engineering Mathematics"*, Jones and Bartlett, 2005.
 5. Burden, R. L., Faires, J. D., *"Numerical Analysis"*, Books/Cole, 2010
 6. Hairer, E., Norsett, S. P., Wanner, G., *"Solving Ordinary Differential Equations I - Nonstiff Problems"*, Springer, 1993.
 7. Hairer, E., Norsett, S. P., Wanner, G., *"Solving Ordinary Differential Equations II - Stiff and Differential-Algebraic Problems"*, Springer, 1996.
-

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.