

Ficha de Unidade Curricular LEQB – A3ES

1. Caracterização da Unidade Curricular.

1.1. Designação da unidade curricular (1.000 carateres).

Cálculo Numérico / Numerical Calculus

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

MAT

1.3. Duração¹ (100 carateres).

Semestral

1.4. Horas de trabalho² (100 carateres).

108

1.5. Horas de contacto³ (100 carateres).

TP: 45

1.6. ECTS (100 carateres).

4.0

1.7. Observações⁴ (1.000 carateres).

1.7. Remarks (1.000 characters).

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

Bruno Miguel Almeida Martins Pereira (45 h)

3. Outros docentes e respetivas cargas letivas na unidade curricular (1.000 carateres).

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

Após a aprovação na unidade curricular, o estudante deverá possuir a capacidade de:

1. Observar exemplos de propagação do erro que ocorre na aplicação de técnicas numéricas.
2. Entender as técnicas de aproximação e identificar os problemas tipo que requerem o uso destas técnicas na obtenção de uma solução.
3. Implementar computacionalmente as técnicas e os métodos numéricos usados.
4. Desenvolver um raciocínio estruturado de modo a formular matematicamente um problema de diferentes domínios de aplicação, identificar e implementar estratégias adequadas à sua resolução numérica.

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

Upon approval, the student should be able to:

1. Understand how do the roundoff errors propagate when one uses numerical techniques.
2. Understand the approximation techniques and identify some typical problems where these techniques can be applied.
3. Implement computer programs for each one of the techniques and numerical methods.
4. Demonstrate analytical and perceptive capabilities in the resolution of problems arising from different fields, identify and implement adequate strategies to its numerical resolution.

5. Conteúdos programáticos (1.000 carateres).

1. Aritmética computacional e erros: virgula flutuante, erros e Algarismos significativos. Propagação dos erros
2. Sistemas de equações não lineares: Métodos da bisseção, ponto fixo e de Newton.
3. Interpolação polinomial: Existência e unicidade do polinómio interpolador. Interpolação inversa.

4. Integração numérica: regras de quadratura: trapézios, Simpson e 3/8's (simples e compostas).
5. Método dos mínimos quadrados: Caso discreto (linear e não-linear). Caso contínuo.
6. Métodos numéricos para EDO's: consistência, convergência, estabilidade. Métodos de Euler e Runge-Kutta.

5. Syllabus (1.000 characters).

1. Computer arithmetic and errors: Floating point arithmetic and roundoff errors. Error propagation.
2. Nonlinear systems of equations: Bisection method, fixed point method and Newton method.
3. Polynomial interpolation: Existence and uniqueness. Inverse interpolation.
4. Numerical integration: Trapezoidal, Simpson and 3/8's rules (simple and composite).
5. Least squares methods: discrete (linear and non-linear) and continuous case.
6. Numerical methods for ODE's: consistency, convergence and stability. Euler and Runge-Kutta methods.

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

Os objetivos são cumpridos nos conteúdos programáticos dos capítulos do programa, nos quais são ainda amplamente desenvolvidas as capacidades de análise, cálculo e raciocínio dedutivo. Para além das aplicações estudadas, o recurso sistemático a problemas aplicados e contextualizados traduz-se numa maior motivação e eficácia na aprendizagem, uma vez que permitem:

- transmitir o facto de os métodos numéricos serem uma ferramenta indispensável no estudo de problemas derivados de vários domínios do conhecimento;
- praticar a formulação matemática de problemas, sua resolução e crítica nos resultados obtidos;
- identificar os métodos e as técnicas a usar, não só no seguimento do seu percurso académico, mas também no decurso da sua atividade profissional.
- resolver os problemas propostos com base na linguagem de programação PYTHON, com crescente relevância no ensino e na investigação em todos os domínios.

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

The objectives are met within the syllabus, along with the development of analysis, calculus, and deductive reasoning skills. In addition to the applications studied, the systematic use of applied and contextual problems allows a growing motivation and an increased effectiveness in the learning process, since it allows:

- transmitting that numerical methods are an essential tool in the study of engineering.
- practicing the mathematical formulation of problems, their resolution and critical analysis of the results.
- identifying the methods and technics to use, not only during their academic career, but also during the course of their professional activity.
- solve the proposed problems using the PYTHON programming language, which has an increasing relevance to teaching and research in every domain.

7. Metodologias de ensino (avaliação incluída) (1000 carateres).

As listas de exercícios permitem ao aluno acompanhar todos os tópicos da matéria e são o principal instrumento do estudo individual. São adequadas ao desenvolvimento das capacidades que se pretendem potenciar nos alunos.

A avaliação de conhecimentos é efetuada por avaliação distribuída com exame final. A avaliação distribuída ao longo do período letivo, compreende a realização de um teste escrito (TE) e um trabalho individual teórico-prático considerado pedagogicamente fundamental (TP). Os estudantes ficam dispensados do exame final (EF), caso tenham obtido avaliação positiva na avaliação distribuída.

Para obter aprovação, a classificação mínima do TE é 8,00 valores, com média simples mínima de 9,50 valores; a classificação mínima do TP é 8,00 valores; a classificação mínima do EF é 9,50 valores. A nota final ponderada mínima (NF) é 9,50 valores e é obtida por uma das fórmulas: $NF=0,70TE+0,30TP$ ou $NF=0,70EF+0,30TP$.

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

The exercise sheets available to the students allow them to closely follow all topics of the syllabus and are the main tool regarding individual study, and they are suited to train the skills that the students should acquire.

Knowledge assessment is carried out through distributed assessment or by a final exam. Distributed assessment throughout the semester has two parts: a written test (WT) and theoretical-practical individual work considered

pedagogically fundamental (PW). Students are exempted from the final exam (FE) if they have obtained a positive evaluation in the distributed assessment.

To obtain approval, the minimum classification in the WT is 8.00, with minimum simple average of 9.50; the minimum PW classification is also 8.00 and the minimum FE classification is also 9.50. The minimum weighted final mark (FM) is 9.50 and is obtained by one of the formulas: $FM=0.70WT+0.30PW$ or $FM=0.70FE+0.30PW$.

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

As aulas teórico-práticas usam uma rigorosa e completa cobertura dos tópicos do programa, os quais surgem como resposta a situações e problemas práticos para maior motivação do aluno e melhor compreensão dos conceitos e resultados. A resolução de exercícios nessas aulas tem como objectivo a aplicação prática dos conceitos e ferramentas estudadas, ao mesmo tempo que se aprofundam os conhecimentos teóricos. Estes exercícios pretendem ainda ajudar ao desenvolvimento das capacidades de cálculo e raciocínio dedutivo.

O trabalho prático vai de encontro à necessidade de incentivar o aluno a acompanhar o desenrolar da matéria e implementar algumas das técnicas com base numa linguagem de programação, permitindo com isso uma avaliação do sucesso da sua aprendizagem. O tipo de problemas, aplicado e menos direto, pretendem que o aluno aumente a sua capacidade de trabalho e independência e o leva a desenvolver das suas capacidades de análise, reflexão e crítica. Além disso, a dinâmica de grupo, na componente de debate e entreajuda, potencia a obtenção de melhores resultados do que aqueles que, por si só, o estudo individual consegue.

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

The lectures are crucial to a correct and comprehensive coverage of all topics of the syllabus, all of which arise as the answer to an applied problem for a greater motivation and a better understanding of the notions and results on the student's part. In-class problem solving through exercises allows for a successful application of the theoretical knowledge to practical problems as well as a deepen of the scope of the theory. These exercises also constitute an important tool development of algebra skills and deductive reasoning.

The practical assignment main goal is to help students to closely follow classes and allow them to monitor their learning. It consists of less straightforward problems that should lead students to question and deepen their knowledge, while acquiring working and independence skills as well as a stronger development of their analysis, critical thinking, and criticism skills. Moreover, group dynamics encourages debate and support between students, leading to better results than those achieved by individual study alone.

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

1. Atkinson, K., & Han, W. (2003). *Elementary Numerical Analysis* (3rd ed.). John Wiley & Sons.
2. Burden, R., & Faires, J. (2010). *Numerical Analysis*. Brooks/Cole.
3. Santos, F., Duarte J., & Lopes, N. (2019). *Fundamentos de Análise Numérica (com Python 3 e R)*. Edições Sílabo.
4. Isaacson, E. (1994). *Analysis of Numerical Methods*. Dover Publications.
5. Quarteroni, A., Sacco, R., & Saleri, F. (2007). *Numerical Mathematics* (2nd ed.). Springer.
6. Stoer, J., & Bulirsch, R. (2002). *Introduction to Numerical Analysis* (3rd ed.). Springer.
7. Gautschi, W. (2012). *Numerical Analysis* (2nd ed.). Birkhauser.
8. Chapra, S., & Canale, R. (2021). *Numerical Methods for Engineers* (8th ed.). McGraw Hill.
9. Vuik, K., Vermolen, F., van Gijzen, M., & Vuik, T. (2023). *Numerical Methods for Ordinary Differential Equations*. TU Delft Open.

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.